

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS, DU COMMERCE ET DE L'INDUSTRIE

CONTRIBUTIONS

A LA

CONNAISSANCE GÉOLOGIQUE

DES

SOURCES MINÉRO-THERMALES

DES AIRES MÉSOZOÏQUES

DU PORTUGAL

PAR

PAUL CHOFFAT



LISBONNE

IMPRIMERIE NATIONALE

1893

Ce mémoire fait partie de la série des travaux élaborés par la commission ayant été nommée par le décret du 30 juillet 1890 pour procéder à l'étude des eaux minéro-médicinales du pays.

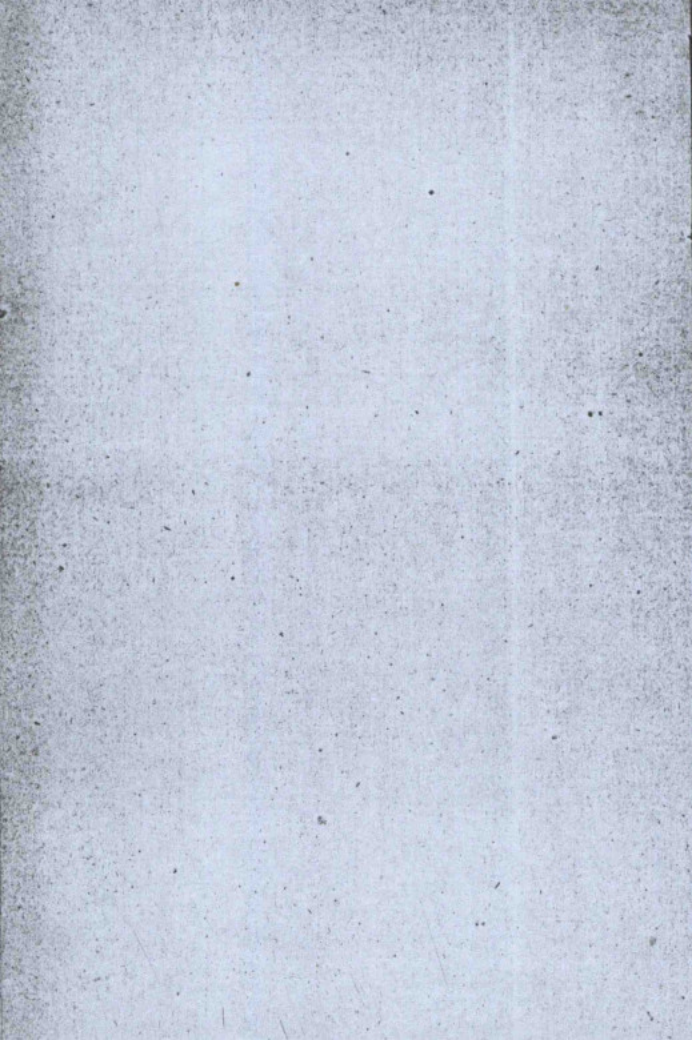


TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION

Aperçu historique.— Différence d'interprétation des qualités d'une source par le médecin, l'hygiéniste et le géologue.— Origine et but de ce travail.....	1
---	---

PREMIÈRE PARTIE

Considérations théoriques

Chemins suivis par l'eau de pluie.— Thermalité et minéralisation..	9
--	---

I. Thermalité

a). <i>Température du sol.</i> — Zone de température constante.— Augmentation de la température au-dessous de cette zone.— Conductibilité des roches.— Influence du relief extérieur.— Température du sol au-dessus de cette zone; son retard sur celle de l'air.....	9
b). <i>Température de l'eau.</i> — Rapport entre la température du sol et celle des sources.— Limite de la thermalité; ses variations.— Thermalité suivant le médecin.....	11
<i>Classification des sources d'après l'origine de leur thermalité.</i> — a). Sources ordinaires.— b). Sources thermales relatives.— c). Circulation profonde par canaux.— d). Circulation profonde par capillarité.— e). Thermalité due à l'action volcanique — f). Thermalité due à l'oxydation de substances minérales.....	12
Calcul de la profondeur des sources thermales.— Variations de leur température.....	16
Détermination de la température.....	18

II. Minéralisation

Classification d'après le degré de condensation.— Composition diverse de griffons d'une même source.— Variations dans la composition et la condensation.— Systèmes de classification.....	20
---	----

DEUXIÈME PARTIE

Observations sur les sources du pays

I. Généralités

Enumération des aires mésozoïques.—Température moyenne du lieu 25

Température du sol

Installation des observatoires.—Variations diurnes. Leur amplitude.
Leur retard sur celles de l'air 26

Variations par périodes.—Tableau des températures moyennes et
des températures extrêmes à différentes profondeurs jusqu'à 1^m,50.
—Températures au-dessous de 5 mètres..... 28

Température de l'eau souterraine

Généralités.—*Observations sur la température des sources ordinaires
du pays.*—Environ de Setubal.—Eaux phréatiques des dunes.—
Sources et puits de Lisbonne.—Crétacique des environs de
Lisbonne.—Caldas da Rainha.—Anadia 31

Minéralisation

Généralités.—Substances reconnues dans les eaux de cette région 37
—*Tableau de la composition des principales catégories de sources* 38

II. Eaux minérales non thermales

A. Sources mixtes

Minéralisation des sources et des puits de Lisbonne.—Enumération
des sources de cette catégorie.—Détails sur : chafariz do largo
do Andaluz, Aguas-Santas et Verride 41

B. Sources sulfureuses froides

Généralités.—Groupe des bains de S. Paulo 46

C. Sources salées ou chlorurées sodiques concentrées

Généralités.—Marinha do Sal.—Branças.—Roliça.—Porto Moniz.
Algarve 52

D. Sources ferrugineuses

Âges géologiques.—Analyses.—Mafra.—Coimbra..... 54

III. Eaux thermales

A. Sources thermales n'étant pas en relation avec les aires téphoniques

Algarve. Olheiros. Tavira..... 59

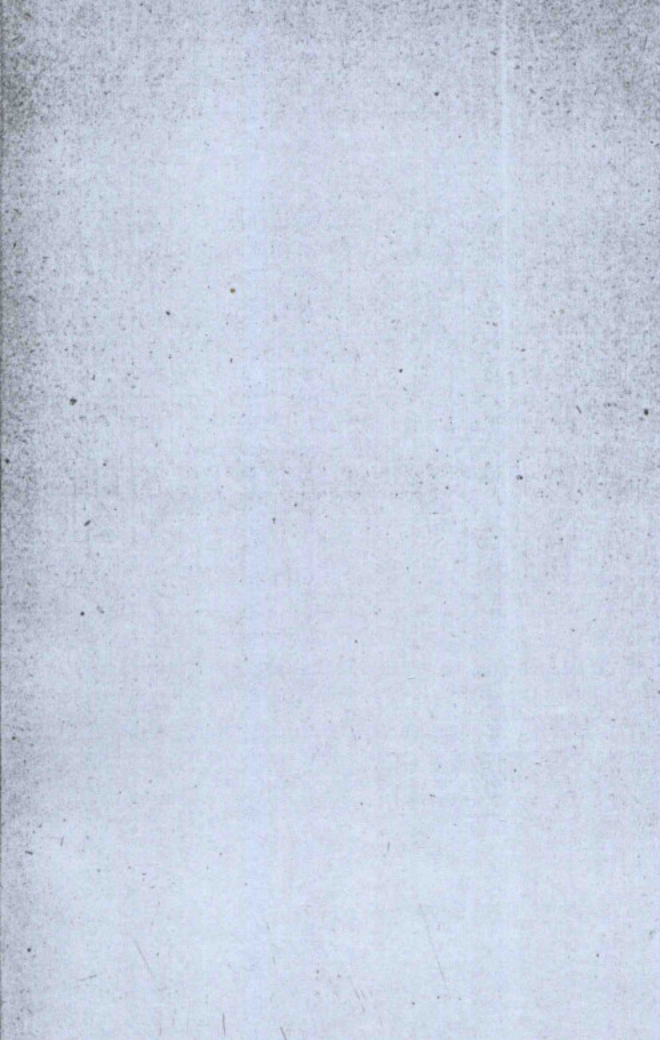
<i>Montemór-o-Velho</i>	60
<i>Cap Mondégo</i>	60
<i>Groupe de Cascaes</i> . Estoril, Poça, Santo Antonio. Considérations ..	62
<i>Groupe d'Amieira</i>	65
<i>Groupe des Alcaçarias</i> . Généralités.— Sous-groupes de : Bica do Sapato, largo da Fundição, Jardim do Tabaco, banhos do Doutor, rue d'Alfama, chafariz d'El-Rei.— Pedras Negras	68
Remarques générales sur le groupe : Disposition des sources, débit, température (tableau), composition (tableau), gaz.— Théories sur l'origine	76
<i>Groupe d'Arrifana</i>	83

B. Sources thermales des aires tiphoniques

<i>Groupe de Cucos</i> . Cucos. Coxos.— Origine des deux sous-groupes ..	84
<i>Groupe de Maceira</i> (Vimeiro).....	92
<i>Groupe de Caldas da Rainha</i> . S. Mamêde. Sous-groupe d'Obidos. Quinta das Janellas. Sous-groupe de Caldas	93
Comparaison des groupes au point de vue chimique.— Gaz se dégageant et gaz en dissolution.....	97
Observations sur les propriétés physiques et la composition chimique des eaux du sous-groupe de Caldas.....	98
Considérations géologiques sur les sources de l'aire de Caldas ...	100
<i>Groupe de Fervença</i> . Povoá de Coz	111
<i>Groupe de Leiria</i>	112
<i>Monte-Real</i>	114

IV. Considérations et déductions

A. — Énumération des sources d'après l'âge géologique du terrain ...	115
B. — Rapport entre la température et la minéralisation	117
C. — Classification d'après la substance prédominante	118
D. — Remarques sur quelques substances.— Chlorure de sodium.— Sulfate de chaux.— Hydrogène sulfuré.— Oxygène, azote et acide carbonique	119
E. — Conclusions.....	123
Index géologique	129
Index alphabétique des sources.....	131
Explication de la planche.....	135



INTRODUCTION

Le premier travail d'ensemble sur les eaux portugaises, ayant de l'importance, est celui du *dr. Francisco Tavares*¹, publié en 1810. C'est lui qui forme la base des travaux analogues publiés ultérieurement, dans lesquels on a naturellement introduit des modifications basées sur des nouvelles observations; malheureusement les auteurs n'ont pas toujours eu soin d'indiquer avec précision l'origine de leurs citations.

Examinons en premier lieu comment a été fait l'ouvrage du *dr. Tavares*.

L'auteur habitait Lisbonne; il nous apprend qu'il n'a pas visité lui même les sources qu'il décrit; il a reçu les renseignements de divers médecins qui, en outre, lui ont fourni de l'eau pour les essais de laboratoire, qui sont fort sommaires, mais qui devaient peut-être former la deuxième partie de l'ouvrage, laquelle n'a pas été publiée.

Ce n'est donc pas une œuvre compacte, ces différents observateurs étant certainement partis de principes différents, et variant en tous cas dans leurs facultés d'observation et dans leur degré de conscience. En outre, les thermomètres de ces différents observateurs n'ont pas été confrontés, l'auteur nous dit même que quelques-uns, ne possédant pas de thermomètres,

¹ *Instrucções e cautelas practicas sobre a natureza, diferentes especies, virtudes em geral, e uso legitimo das aguas mineraes, principalmente de Caldas; com a noticia d'aquellas, que são conhecidas em cada uma das provincias do reino de Portugal, e o methodo de preparar as aguas artificiaes. Parte primeira. Coimbra, 1810.*

appréciaient le calorique par la sensation de froid ou de chaud produite sur la main. Tavares a traduit ces différentes observations en degrés Fahrenheit, et je les reproduits en degrés centigrades, ce qui donne généralement des décimales, mais il est naturel que l'on ne doive pas s'attendre à de l'exactitude dans ces fractions.

On ne doit pas non plus avoir beaucoup de confiance dans les directions qu'il indique en se basant sur les points cardinaux, et lorsqu'il parle d'une portée de fusil, la longueur varie entre 80 mètres et près d'un kilomètre.

En 1867 parut le rapport de M. le *dr. Lourenço*¹ en vue de l'exposition universelle de Paris. L'auteur n'a pas non plus visité les sources, il a reçu des renseignements de différents côtés et en a puisé dans Tavares. La partie vraiment originale a trait à la composition de l'eau ; l'auteur a déterminé la quantité de substances fixes contenues dans 1000 grammes ainsi que la nature des matières principales.

Dix années plus tard, M. *Francisco da Costa Felix*² présentait une thèse sur les eaux médicinales en général et celles de Portugal en particulier.

En 1881 paraît une nouvelle énumération des sources thérapeutiques du pays ; elle est due à M. le *dr. G. H. Brandt*³ et se distingue des précédentes par la présence d'une carte indiquant la position géographique des sources, divisées en cinq classes, d'après leur composition.

Ici encore il est à regretter que l'auteur n'ait pas vu par lui-même ; la carte indique la position générale des sources, mais malgré sa petite échelle, cette position n'est pas suffisamment exacte pour que l'on puisse en déduire certaines conclusions géologiques, les alignements, par exemple.

¹ *Trabalhos preparatorios acerca das aguas mineraes do reino e providencias do governo sobre proposta da commissão respectiva.* Lisboa, 1867.

Renseignements sur les eaux minérales portugaises, par le *dr. A. V. Lourenço*. Exposition universelle de 1867 à Paris.

² *Francisco da Costa Felix, Aguas minero-medicinaes em geral e de Portugal em particular.* Lisboa, 1877.

³ *Dr. G. H. Brandt, Aguas mineraes de Portugal* (Revista da Sociedade de instrucção do Porto, 1881).

Enfin, en 1892, M. le *dr. A. L. Lopes*¹ a compilé tout ce qui est antérieur à cette date et y a ajouté ses propres observations et celles de quelques médecins. Son ouvrage est beaucoup plus complet que ceux qui l'ont précédé, quoiqu'il préviene qu'il a laissé de côté un certain nombre d'eaux ferrugineuses, ne citant pour cette classe que celles qui ont la meilleure réputation.

Cet auteur nous dit qu'il a consulté deux cents quatre-vingt cinq publications, la plus ancienne datant de 1610. La plupart de ces publications sont des monographies locales parfois dictées par la réclame.

Dans ces trois traités, cet emprunt à différents ouvrages a amené une certaine confusion dans les désignations, la même source étant parfois décrite, dans le même ouvrage, sous plusieurs noms différents.

La plupart de ces auteurs, y compris le dernier, se plaignent de l'insuffisance des connaissances balnéologiques du Portugal, mais si cette plainte est fondée pour le médecin, elle l'est encore à plus juste titre pour le géologue. Il n'y a que bien peu de sources qui aient été examinées au point de vue géologique, et il n'y a aucun travail d'ensemble sur ce sujet.

Il serait injuste de ne pas mentionner les préparatifs faits dans ce but au bureau des mines, quoique les essais d'une organisation du service des eaux minérales aient échoués jusqu'à ce jour.

Pourtant la fièvre de la spéculation s'est emparée depuis quelques années des sources minérales, et elle dure encore quoiqu'elle ne soit pas couronnée de beaucoup de succès.

Malgré ces commencements d'étude, on peut dire que la connaissance géologique des eaux minérales du pays est absolument dans l'enfance et que l'on voit sur ce sujet des explications pouvant être taxées de fables.

Cette année encore, une publication due à la plume de sommités médicales attribue à une source du pays une origine absolument chimérique, et qui plus est, se base sur cette origine pour en déduire la composition de l'eau!

¹ Dr. A. L. Lopes, *Agua minero-medicinaes de Portugal*. Lisboa, 1892.

Faisons abstraction des explications géologiques plus ou moins hasardées que quelques auteurs, n'ayant pas de connaissances de cette science, ont cru devoir émettre comme introduction à leurs écrits, et laissons au médecin¹ l'examen thérapeutique des eaux, au chimiste et au géologue les parts qui les concernent, ainsi que l'ont bien compris les organisateurs de la dernière commission nommée pour cette étude.

Le médecin, l'hygiéniste et le géologue doivent forcément considérer une source en partant de principes différents. Le médecin consciencieux décrira l'eau telle quelle est utilisée par le malade, le géologue prendra au contraire ses propriétés au sortir de la terre; les différences ne porteront pas seulement sur la température, mais aussi sur les gaz qui se perdent dans le trajet entre la source et l'établissement.

Une faible variation de température n'empêche pas le médecin de considérer une source comme possédant une température invariable, tandis que le géologue en déduit des conclusions importantes, soit que cette variation ait lieu suivant les saisons, soit qu'elle suive une certaine progression dans le temps, et il en est de même de la quantité de substances dissoutes, surtout de celles qui n'ont pas d'influence thérapeutique.

Cette minutie du géologue doit-elle être considérée comme une étude scientifique sans but pratique?

Comme réponse au point de vue de la technique, nous rappellerons les déductions tirées de l'étude du tunnel du St. Gotthard, utilisées entre autres dans les projets du percement du Simplon et du Mont-Blanc et qui n'auraient pas pu être établies sans la minutie avec laquelle a procédé M. Stapff, ingénieur géologue du St. Gotthard, ne négligeant pas des différences de quelques dixièmes de degrés.

Au point de vue de la thérapeutique, nous citerons un pas-

¹ Je ne veux certes pas dire qu'un médecin ne peut pas être un excellent géologue. Sa connaissance des sciences biologiques est une garantie de réussite dans l'étude de la géologie, et cette science doit une notable partie de ses progrès aux découvertes faites par des médecins lui consacrant leurs loisirs.

sage dû au savant professeur de l'université de St Pétersbourg, M. A. Inostranzeff¹ :

« Nous attribuons une grande importance à de pareilles observations, parce que jusqu'à présent on considérait les sources minérales comme absolument invariables ou ne subissant des modifications que dans de considérables espaces de temps. L'analyse d'une source puisée au hasard était l'unique contrôle de sa composition. Nos observations, ainsi que des considérations théoriques, réfutent parfaitement cette supposition. Elles nous apprennent que la vie des sources minérales est beaucoup plus compliquée et plus variée qu'on ne le supposait, et que seulement un grand nombre d'observations semblables pourra expliquer l'importance des sources minérales, déterminer les lois qui règlent ces phénomènes et offrir aux médecins un phénomène étudié à fond. C'est alors que le médecin qui prescrit à son patient une certaine quantité de bains à prendre ou de verres d'eau à boire, pourra le faire avec la même sûreté qu'en prescrivant une ordonnance quelconque et en l'envoyant dans une pharmacie consciencieuse. »

Nous verrons dans le cours de ce travail que des eaux portugaises ont présenté des variations notables qui doivent nécessairement être prises en considération lors de leur application.

L'origine de ce travail remonte à une douzaine d'années. Étudiant les aires tiphoniques, je voulus me rendre compte de la relation de leurs sources entre elles et avec celles des autres contrées mésozoïques ; dans ce but je rassemblai tous les matériaux que je pus recueillir sur ce sujet, et publiai les résultats généraux dans une note sur les régions tiphoniques².

Depuis lors, j'ai saisi toutes les occasions qui se sont présentées à moi pour faire quelques observations sur les sources

¹ A. Inostranzeff, *Sur la variabilité de la concentration et de la composition des sources minérales*. Congrès géologique international, 3^e session, Berlin, 1885.

² Paul Choffat, 1882, *Note préliminaire sur les vallées tiphoniques et les éruptions d'Ophite et de Teschenite en Portugal*. Bull. soc. géol. de France, 3^e série, t. x, p. 284.

minérales du pays, d'abord sans penser qu'elles pourraient donner lieu à un travail d'ensemble. Elles sont encore bien insuffisantes, et pourtant les erreurs qui se répètent d'un auteur à l'autre et l'impossibilité de continuer cette étude, me décident à grouper les connaissances certaines que l'on possède sur ce sujet, ne serait-ce que pour faire voir combien elles sont lacuneuses et servir de stimulant aux personnes à même de les compléter.

Comme j'aurai l'occasion de le faire remarquer, ce ne sont pas seulement les analyses chimiques qui font défaut, mais les observations thermométriques sont insuffisantes et manquent de précision dans la majeure partie des cas et les données sur le débit font encore plus défaut.

Un séjour de quelques semaines à Caldas da Rainha en juillet 1890 m'avait fait prendre la plume pour occuper des vacances forcées, et le manuscrit de cette notice était sur ma table lorsque je reçus la visite de M. Severiano Monteiro, ingénieur des mines, venant me proposer de la part de M. le conseiller Pedro Victor da Costa Sequeira de prendre part aux travaux de la commission chargée de l'étude des eaux minérales du pays.

Par suite de différentes circonstances, il ne fut pas donné suite au projet de publication d'un bulletin spécial et j'oubliai ce manuscrit pendant deux ans, jusqu'à ce qu'un nouveau séjour à Caldas m'ait porté à le compléter.

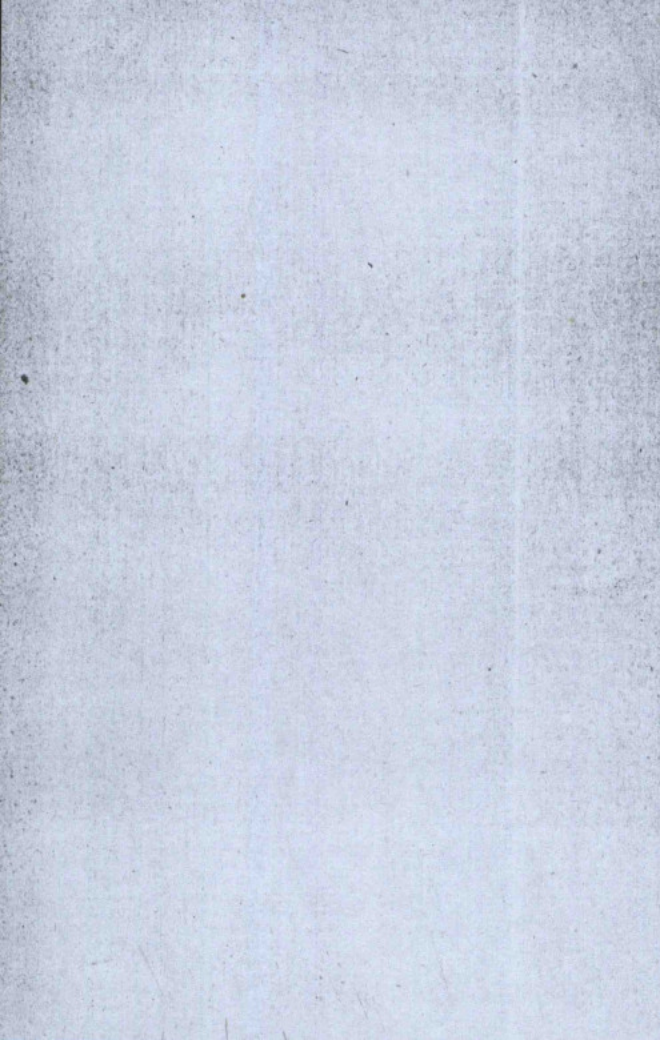
Je ferai remarquer que ce travail n'a pas été fait dans le but de l'étude des sources, mais seulement dans celui de leur explication géologique et en outre que ce n'est pas une étude poursuivie à ce point de vue, mais uniquement l'utilisation des occasions que j'ai eues de faire quelques observations rapides. Ces quelques mots excuseront, je l'espère, les lacunes qu'il présente.

Afin d'éviter les répétitions, j'ai groupé dans une première partie quelques considérations théoriques d'une application générale. Quelques-unes sont des lieux communs, mais j'ai pourtant cru devoir les reproduire, car elles sont trop souvent perdues de vue. La deuxième partie est exclusivement réservée

à ce qui concerne les sources des aires mésozoïques du Portugal.

J'ai dû m'adresser à plusieurs personnes pour obtenir des renseignements que je ne pouvais pas recueillir personnellement. Quelques-unes ont eu l'obligeance de m'envoyer des réponses que l'on trouvera mentionnées à leurs places respectives. Je prie ces personnes de bien vouloir agréer ici mes sincères remerciements.

Je remercie en outre tout spécialement M. le conseiller Pedro Victor da Costa Sequeira, qui a bien voulu décider l'impression de ce petit travail.



PREMIÈRE PARTIE

Considérations théoriques

L'eau qui tombe à la surface de la terre prend trois directions différentes; une partie s'évapore, une autre coule à la surface du sol, et la troisième s'infiltré dans la terre, imprègne les roches, et sert d'alimentation aux sources.

La relation entre ces trois quantités est variable suivant les conditions atmosphériques de chaque contrée, et pour une même contrée suivant le plus ou moins de perméabilité du sol.

Pendant son trajet souterrain, l'eau dissout quelques matières contenues dans les roches qu'elle traverse et elle modifie sa température. On a donc la *minéralisation* et la *thermalité*, deux qualités qui peuvent être réunies dans une même source, mais chacune d'elles peut exister isolément; il convient donc de les examiner séparément.

I. Thermalité

a. Température du sol

On sait qu'à une faible profondeur au-dessous de la surface du sol se trouve une zone qui ne subit pas les variations de la température extérieure, et dont la température est un peu supérieure à la moyenne de l'air, dans les pays froids et les pays tempérés.

Cette zone est à une profondeur variable suivant les contrées; sous l'équateur, elle se trouve à moins de 1 mètre; à Lisbonne elle est à environ 20 mètres et M. Stapff l'a trouvée à 13^m,60 à Walfishbay (23° lat. sud).

Il est incontesté qu'au-dessous de la zone de température

constante, la température va en augmentant¹, mais les observations ont fourni des résultats très divers pour le degré géothermique, c'est-à-dire pour le nombre de mètres qu'il est nécessaire de descendre verticalement dans le sol pour que le thermomètre monte de 1° centigrade.

Ce n'est pas ici le lieu d'exposer les divers résultats obtenus, dont les différences montrent que l'on a affaire à plusieurs facteurs dont l'observation nous échappe. Il suffira de dire que sauf les cas exceptionnels, le degré géothermique se trouve entre 31 et 33 mètres, par conséquent on n'est pas loin de la vérité en admettant 32 mètres.

J'ajouterai que l'on ne doit pas exagérer l'influence de la différence de conductibilité des roches. Des expériences faites il y a environ deux ans par M. Weber², à Neuchatel, ont montré que la conductibilité de l'argent étant représentée par 100, celle des principales roches sédimentaires et éruptives composant la croûte terrestre varie entre 0,26 et 0,51. C'est-à-dire qu'elle varie de 1 à 2, proportion qui n'est pas exacte, car M. Weber aurait obtenu des résultats différents s'il avait opéré sur des roches imprégnées d'eau comme c'est le cas dans le sol.

Les masses métalliques ont par contre une conductibilité qui n'est pas négligeable.

Les expériences faites dans quelques tunnels, en particulier dans celui du St. Gotthard, ont démontré, comme le raisonnement le faisait prévoir, que les courbes isogéothermiques ne suivent pas exactement les inégalités de la surface, et l'on comprend aisément qu'à base et à hauteur égale, un massif large jusque vers son sommet conservera plus de calorique que ne le fera une montagne en forme de pic. Il faut naturellement tenir compte du refroidissement des versants.

Température du sol au-dessus de la zone de température constante.— Dans les pays chauds, la température moyenne va en diminuant dès la surface et l'augmentation n'a lieu qu'à partir de la zone de température constante, tandis que dans

¹ La théorie d'une progression décroissante dans l'augmentation de la température en profondeur, émise il y a quelques années à la suite du sondage de Sperenberg, qui a atteint 1269 mètres, était basée sur des erreurs, et ses partisans reconnaissent aujourd'hui que ce sondage indique un degré géothermique de 31^m.8.

Le sondage de Schladebach exécuté ultérieurement et qui a atteint la plus grande profondeur connue, 1716 mètres, indique un degré géothermique de 35,70.

² Voyez H. Hermite, *Principes de géologie*. Neuchatel, 1891, p. 60.

les pays froids et les pays tempérés la température moyenne va en augmentant dès la surface du sol, de sorte que la température constante est plus haute que toutes les températures moyennes des couches de terrain situées au-dessus.

Bien entendu qu'il s'agit des moyennes annuelles et que les couches de terrains situées au-dessus de la zone constante subissent des variations, d'autant plus fortes que le point est plus rapproché de la surface du sol, de sorte que leur température est, suivant les saisons, plus élevée ou plus basse que la température constante.

Je traiterai ce sujet avec détails en l'appliquant au Portugal; pour le moment il suffit de dire que les variations diurnes ne sont plus sensibles à la profondeur de 1 mètre, que la température de l'air met plusieurs heures pour parvenir à la profondeur de 0^m,30, une journée pour parvenir à 0^m,60, quatre mois et demi pour parvenir à 5 mètres et sept et demi pour parvenir à 10 mètres.

La croyance populaire attribuant à certaines sources la propriété d'être plus chaudes en hiver qu'en été a donc sa raison d'être et n'est pas uniquement fondée sur une différence de sensation, comme on le croit généralement.

b. Température de l'eau souterraine

On admet généralement que la température des eaux souterraines est égale à celle du terrain qui les contient ce qui n'est qu'approximatif, car elles sont en général un peu moins chaudes.

Cette différence dépend de plusieurs facteurs dont le plus important consiste dans la vitesse avec laquelle l'eau peut circuler dans le sol, c'est-à-dire dans le temps plus ou moins long pendant lequel a lieu le contact.

D'autres facteurs importants consistent dans la température de l'eau au moment de l'infiltration, dans son volume, ainsi que dans la dimension des canaux ou des interstices par lesquels elle circule, autrement dit dans les conditions physiques du sol.

E. Reclus a émis l'idée que cette température doit être un peu inférieure à celle du terrain, à cause du refroidissement provenant de l'évaporation causée par la circulation de l'air dans le sol.

Les études de M. Stapff sur les eaux du tunnel du St. Gothard ont démontré que même à plus de 1000 mètres au-dessous de la surface du sol, une coïncidence complète est une exception rare. La plupart des différences observées sont né-

gatives ($-0^{\circ},05$ à $0^{\circ},99$), quelques-unes positives ($+0^{\circ},05$ à $0^{\circ},95$).

Ce même savant a aussi observé à Walfishbay que la température des sources est inférieure à celle du sol à la même profondeur.

C'est donc à tort que des hommes remarquables comme Humboldt ont cru pouvoir indiquer la température des sources des pays peu ou point explorés, comme étant la température du sol.

Toute source ayant une *température moyenne* supérieure à celle de la zone de température constante est pour le géologue une *source thermale*, et il y a lieu de rechercher la cause de son calorique.

Le nombre de degrés à considérer comme limite de la thermalité est donc fort variable suivant les contrées; il n'est que de 1 à 3 degrés dans les contrées polaires et d'environ 28° sous l'équateur.

Sous une même latitude, la limite de la thermalité varie en outre suivant l'altitude et suivant les conditions locales ayant de l'influence sur la température moyenne du lieu.

Ces dernières ne peuvent pas se prévoir *a priori*; quant à la première, on peut admettre en chiffres ronds une diminution de 1° pour un accroissement de 100 à 200 mètres d'altitude, mais il n'y a pas de règle fixe, même sous une même latitude.

Les médecins jugeant de la thermalité d'une source d'après l'effet thérapeutique de cette thermalité, n'ont à considérer qu'en deuxième lieu le rapport entre la température de la source et la température moyenne du lieu, et n'en tiennent pas compte dans leur classification. Néanmoins cette classification varie considérablement suivant les auteurs. Ils admettent soit deux, soit trois, soit quatre, soit même cinq classes basées sur le calorique, et le nombre de degrés devant être considéré comme limite varie en outre chez des auteurs admettant le même nombre de classes.

Classification des sources d'après l'origine de leur thermalité

Les classifications méthodiques des sources n'ont rien d'absolu, sous quelque point de vue qu'on les considère, car on trouve toujours des cas se rapportant à plusieurs catégories. Les classifications sont pourtant le seul moyen de grouper clairement les faits, c'est dans ce but et sans aucune prétention scientifique que nous dressons le petit tableau suivant.

Calorique provenant de la chaleur normale du sol	{ <ul style="list-style-type: none"> A. Sources ordinaires B. Sources thermales relatives 	Circulation supérieure au fond des vallées
Calorique provenant de causes anormales ...	{ <ul style="list-style-type: none"> E. Thermalité due à l'action volcanique F. Thermalité due à l'oxydation de substances minérales 	Sources thermales p. p. dites

A. Sources ordinaires

On distingue trois catégories dans les sources supérieures au fond des vallées.

1° *Les sources du gazon* (Synonymes: Sources temporaires, eaux superficielles¹, fontaines de disette, etc.). Ce sont des eaux coulant presque à la surface du sol, sujettes aux variations diurnes de température et tarissant généralement pendant la saison sèche.

2° *Les sources du sol* (eaux phréatiques de Daubrée) circulent dans les couches meubles, entre la surface et la roche; leur température varie suivant la saison en retardant sur la température de l'air. La connaissance de ce retard donne de précieux renseignements sur la profondeur de la source.

3° *Les sources des couches* (sources thermales relatives, Studer) circulent dans les roches profondes; leur débit est peu influencé par les saisons, et leur température est relativement stable.

M. Stapff cite des exemples de variations de 0°,2 à 0°,6 se faisant sentir de six à dix mois plus tard que le minimum ou le maximum de la température de l'air. La première catégorie des sources thermales appartient aux sources de couches, mais toutes les sources de couches ne sont pas thermales.

Il est à remarquer qu'une source des couches, de même qu'une source thermale de n'importe quelle catégorie, prend les caractères d'une source du sol, lorsqu'elle n'apparaît à la surface qu'après un long parcours sous les graviers.

¹ Les termes de sources ou eaux superficielles et d'eaux profondes prêtent à la plus grande confusion, par suite des interprétations différentes que leur ont donné les auteurs.

B. Sources thermales relatives. (Sources des couches, partim)

Infiltration des eaux météoriques dans l'intérieur d'un massif montagneux, dont elles sortent en suivant une couche imperméable, ou par des crevasses, soit sur les flancs du massif, soit à son pied, après avoir acquis une température en rapport avec la profondeur qu'elles ont atteinte dans le massif, température supérieure à la température moyenne du lieu d'émergence.

Dans les contrées dont les montagnes sont relativement peu élevées, ces sources se confondent avec les sources ordinaires, vu le peu de différence de température, mais il n'en est pas de même des contrées à montagnes très élevées, où ces sources peuvent atteindre un calorique considérable.

Il est à remarquer qu'une notable partie de calorique acquis doit être perdue lorsque ces sources, au lieu de sourdre au pied même du massif, parcourent souterrainement une région basse dont elles finissent par prendre la température.

C. Circulation profonde par canaux

Cette catégorie comprend des eaux qui, par suite de crevasses ou de plis des couches imperméables, sont amenées à une profondeur plus grande que celle des vallées, et qui remontent à la surface, soit par suite de la disposition de ces plis, soit par des crevasses.

Leur température sera donc égale à celle du centre du massif montagneux dont elles proviennent, augmentée de la température correspondant à la profondeur atteinte au-dessous de ce massif. Elles diffèrent des suivantes en ce que la circulation a lieu par des canaux ouverts et non pas par des interstices capillaires.

D. Circulation profonde par interstices capillaires

On peut se représenter la circulation supérieure au fond des vallées comme limitée par une surface dont les ondulations dépendront des conditions géologiques et orographiques de chaque contrée. Au-dessous de cette surface, l'eau ne circule plus librement par des canaux.

Les galeries inférieures de la mine de Prziham¹, qui atteignent une profondeur de 1045 mètres, paraissent absolument

¹ F. Posepny, *Ueber die Bewegungsrichtung der unterirdisch circulirenden Flüssigkeiten*. Congrès international de géologie en 1885. Berlin, 1888, p. 71.

sèches, et pourtant l'air est saturé d'humidité, d'où il ressort qu'à une certaine profondeur, variable suivant les lieux, l'eau est en si petite quantité que la chaleur interne est suffisante pour la transformer en vapeur.

Or les expériences de M. Daubrée ont démontré que si une roche ne présentant que des interstices capillaires contient d'un côté de l'eau liquide et de l'autre de l'eau à l'état de vapeur, la première n'est pas repoussée par la dernière, mais qu'elle est au contraire attirée, d'où l'on peut conclure que l'eau a un mouvement capillaire descendant, jusqu'à ce qu'elle atteigne le point où elle est transformée en vapeur.

Les crevasses profondes joueront le rôle de canaux de drainage vers lesquels ces eaux se dirigeront horizontalement et qu'elles utiliseront ensuite pour leur mouvement ascensionnel. Le degré de minéralisation sera, toutes choses égales d'ailleurs, d'autant plus fort que la circulation capillaire aura eu de durée.

E. Thermalité due à l'action volcanique

L'association des sources thermales aux volcans actuels, et même aux volcans n'ayant pas fourni d'éruptions dans les temps historiques, est un fait trop connu pour qu'il soit nécessaire d'y insister.

Cette association a aussi lieu avec des roches volcaniques beaucoup plus anciennes, basaltes et trachytes « dont l'âge remonte souvent à l'époque tertiaire moyenne » (Daubrée).

Ce sont comme on l'a dit souvent, les dernières manifestations de l'action volcanique dans ces contrées.

F. Thermalité due à l'oxydation de substances minérales

Nous avons déjà fait allusion à la production de calorique due à l'oxydation de certaines substances, principalement de sulfures métalliques. Ces cas sont assurément fort rares; M. Gosselet¹ cite des exemples de sources thermales qui ne paraissent explicables que par cette hypothèse. M. Stapff a aussi observé au St. Gotthard certains cas où le calorique dû à la profondeur était augmenté de 1 à 2° par des réactions chimiques. C'est à ce fait qu'il faut attribuer la température relativement haute que présentent les mines de charbon et le fait que les mines les plus chaudes sont celles qui contiennent des sulfures métalliques facilement oxydables.

¹ Gosselet, *Les nappes aquifères*, p. 301. Société géologique du Nord. Lille, 1888.

Calcul de la profondeur des sources thermales

Théoriquement, admettons une source thermale, émergeant au milieu d'une vaste plaine. Sa profondeur sera le degré géothermique, soit 32 mètres, multiplié par la température de la source (t^s), diminuée de la température constante au point d'émergence (t^c)¹, le produit étant augmenté de la profondeur à laquelle se trouve la zone de température constante (p^c), soit :

$$P = 32^m \times (t^s - t^c) + p^c$$

Si la source a son bassin de formation dans un massif montagneux voisin, l'altitude *moyenne* de ce massif au-dessus du point d'émergence de la source devra être déduit de la profondeur obtenue par le calcul précédent.

Comme nous l'avons vu, ce résultat n'est pas grandement influencé par la conductibilité de la roche, sauf par les métaux; il l'est par contre considérablement par les phénomènes de décomposition et d'oxydation que subissent certaines substances.

D'un autre côté, ces calculs sont inférieurs à la réalité, car l'eau ayant son maximum de température à la plus grande profondeur, abandonne de son calorique aux strates qu'elle traverse entre ce point et la surface, et cette perte est d'autant plus forte que le canal d'ascension est plus irrégulier, c'est-à-dire qu'il offre plus de points de contact entre la roche et l'eau, la forme cylindrique étant celle qui occasionnera le moins de déperdition de chaleur.

Il s'ensuit qu'une augmentation de calorique sera un des effets d'un captage réunissant en un seul, divers bras d'une source thermale.

Il ne faut pourtant pas oublier que le frottement de l'eau contre les parois a pour résultat une élévation de température qui, d'après Joule, atteindrait 1° cent. par 424 mètres.

Comme il n'est pas possible de reconnaître pour chaque source toutes ces causes différentes, il s'ensuit que le calcul de la profondeur d'une source d'après sa température ne peut donner que des résultats approximatifs.

Variation de la température des sources thermales

Existe-t-il des sources thermales présentant une température constante? C'est peu probable, mais on ne peut pas ré

¹ Nous voyons des traités de géologie calculer la profondeur sans déduire la température constante du lieu, ce qui est évidemment faux, et amène une erreur d'autant plus forte que cette température est plus élevée.

pondre péremptoirement à cette question, par suite de l'insuffisance de précision des observations.

La cause la plus fréquente de variations de la température consiste en ce que les eaux se mélangent près de la surface à des eaux peu profondes, subissant les variations de la température extérieure.

Lorsque cette variation ne dépend pas des saisons, on peut en rechercher la cause dans les changements que subissent les conduits souterrains, tant par suite de la dissolution, que par les éboulements. Il y aura diminution ou augmentation de température suivant qu'il y aura diminution ou augmentation de la surface de contact.

La différence de température de deux griffons voisins peut être due à la même cause, mais elle est le plus souvent le résultat d'un mélange avec des sources superficielles subissant elles-mêmes l'influence extérieure à un degré différent.

L'augmentation du débit d'une source thermale sera accompagnée soit d'une augmentation, soit d'une diminution de calorique. Le premier cas correspond à un accroissement de l'eau dans les profondeurs, car les parois lui enlèveront une quantité de calorique relativement plus faible. Le deuxième cas correspond à un accroissement de sources peu profondes, qui doivent leur température au mélange d'eaux thermales ou de gaz surchauffés.

Nous avons encore à mentionner un cas, fort rare assurément, c'est une augmentation de température due à un tremblement de terre.

Nous lisons à la page 29 du magnifique volume publié par la mission française d'Andalousie¹:

« A Alhama, le volume de la source minérale a augmenté, sa température s'est élevée; elle était seulement alcaline, elle est devenue sulfureuse. En même temps une nouvelle source, aussi abondante, aussi chaude, aussi minéralisée que celle-ci, traversée par un important dégagement de gaz, s'est montrée à 1 kilomètre en amont du ruisseau passant près de l'établissement de bains. »

L'explication la plus simple consiste à admettre que les secousses ont amené une modification dans la forme des canaux souterrains.

On connaît d'autres exemples de secousses de tremblement de terre ouvrant un passage à des eaux chaudes, emprisonnées,

¹ *Études relatives au tremblement de terre du 25 décembre 1884*, etc. Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des sciences de l'Institut national de France, 2^e série t. xxx. Paris, 1889,

c'est-à-dire agissant d'une façon analogue à ce que fait l'homme par des sondages.

Détermination de la température

Les thermomètres ordinaires sont fort peu exacts et les variations qu'ils présentent de l'un à l'autre atteignent souvent trois degrés. Les thermomètres destinés à mesurer la température du corps, que l'on trouve dans le commerce, ne sont guère plus exacts quoiqu'ils indiquent les dixièmes de degrés; on ne doit s'en servir qu'après avoir fait établir une table de correction par comparaison avec un thermomètre étalon.

Cette table doit être vérifiée de temps en temps, car les modifications moléculaires entraînent un déplacement du zéro qui ne s'arrête qu'au bout d'une vingtaine d'années. Ce déplacement est surtout activé chaque fois que le thermomètre est porté à une température voisine de 100°.

« Depuis quelques années, les constructeurs fabriquent des thermomètres recuits, dont le zéro n'est plus sujet à se déplacer que de quelques centièmes de degrés lorsqu'on les plonge dans l'eau bouillante, et qui reprennent d'eux-mêmes leur exactitude huit jours après l'expérience¹. »

L'instrument doit être observé verticalement, car il y a en général une différence sensible entre la lecture faite en tenant le thermomètre horizontal, incliné ou vertical.

Si on lit l'instrument après l'avoir retiré de l'eau, il y a augmentation ou diminution de température suivant le degré d'évaporation de l'eau fixée au thermomètre. Or comme il est généralement fort difficile de faire la lecture l'instrument étant plongé dans une source ou dans un puits, il faudra le placer dans une bouteille ou un autre récipient et retirer le tout ensemble.

Ce procédé a en outre l'avantage de permettre de prendre la température *le plus près possible du point où l'eau sort de terre*, tandis qu'en agissant autrement on n'aura que la température de l'eau modifiée par les conditions extérieures.

Si le récipient est une bouteille, on devra se souvenir que

¹ Renou, *Des précautions à prendre pour la détermination précise de la température des sources thermales*. Congrès international d'hydrologie, etc. Paris, 1889, p. 252.

Les ateliers de construction d'instruments de précision de l'Institut industriel de Lisbonne sont à même de fournir d'excellents thermomètres et de rectifier ceux qui paraissent douteux. Je saisis cette occasion pour remercier son directeur, M. F. de Paula e Mello pour l'obligeance qu'il a mise à faire réparer mes instruments ou même à m'en confier de ceux de l'établissement.

le verre étant mauvais conducteur de la chaleur, le séjour dans la source devra être de dix minutes au minimum pour que la bouteille ait pris la température de la source.

Il est utile que l'échelle du thermomètre plonge dans le récipient jusqu'à 1 ou 2 degrés au-dessous de la température à examiner, ce que l'on obtient en répétant l'opération, et en enfonçant plus ou moins le thermomètre au moyen d'un bouchon.

Si l'ouverture par laquelle le thermomètre doit être plongé est trop petite pour l'emploi d'un récipient contenant environ $\frac{1}{2}$ litre d'eau, on se servira d'un tube rempli d'huile ou de spermaceti, dans lequel le thermomètre sera fixé jusqu'à la hauteur voulue au moyen d'un bouchon empêchant la sortie de l'huile.

La plupart des personnes indiquant la température d'une source ont soin d'indiquer la température de l'air, ce qui ne peut avoir de l'importance que dans quelques cas spéciaux, par exemple si l'observation se fait au fond d'un puits ou d'une galerie souterraine, ou bien si l'on prend la température d'une mare ou d'un réservoir et non pas de la source même. Dans la plupart des cas, cette observation ne signifie rien, les variations diurnes de la température de l'air étant infiniment plus fortes que celles de n'importe quelle source. La mention si fréquente: température égale à celle de l'air, est non-seulement insignifiante, elle est fautive, car si nous examinons les observations diurnes du sol à la profondeur de $0^m,05^1$, nous voyons que la température ne coïncide pas avec celle de l'air, elle est plus haute en hiver et plus basse en été; il ne peut donc pas y avoir de sources présentant les mêmes variations que l'air.

Les indications qui doivent accompagner les données sur la température d'une source sont la température moyenne du lieu, la moyenne de la décade ayant précédé l'observation, ou si ces données ne sont pas connues, l'heure et la date de l'observation et l'altitude de la source, grâce à quoi on pourra peut-être arriver à trouver quelle doit être la température d'une source ordinaire en ce point et au même moment.

Si l'y a dans la même région une ou plusieurs sources ordinaires abondantes et ayant la réputation d'être constantes, leur température permettra de trouver *approximativement* la température moyenne du lieu.

En un mot, la détermination de la température d'une source

¹ Voyez les tableaux publiés dans les «Annaes do Observatorio do Infante D. Luiz».

est une opération fort délicate, qui demande à ce que l'on fasse attention à toutes les conditions de la source à examiner. Il est donc nécessaire de la faire par soi-même.

II. Minéralisation

Degrés de concentration.— Il est connu de tout le monde que l'eau de pluie contient une certaine proportion d'acide carbonique et que l'eau chargée d'acide carbonique a un pouvoir dissolvant beaucoup plus grand que l'eau chimiquement pure. Il est donc probable qu'il n'existe pas de source dont l'eau ne soit pas minéralisée et il est certain qu'il n'y a pas de limite entre les sources ordinaires et les sources minérales.

Il en est presque de même au point de vue médical, car les vertus thérapeutiques d'une eau ne sont pas en rapport avec la quantité de substances dissoutes; toutefois on a divisé les eaux minérales en quatre classes, d'après le degré de condensation. On nomme: *hypersalines*, celles qui contiennent plus de 4 grammes de matières fixes par 1000 grammes d'eau; *mésosalines*, celles qui en contiennent de 2 à 4; *hyposalines*, celles qui en contiennent de 2 à 0,5; *indifférentes* ou *faibles*, celles qui contiennent moins de 0,5. Quelques auteurs allemands nomment *acratothermen* les sources thermales de cette dernière catégorie.

Pour l'alimentation de l'homme, on admet en général devoir rejeter les eaux contenant plus de 0^{gr},5 par litre.

Il va de soi que la faculté de dissolution n'est pas seulement en rapport avec la quantité d'acide carbonique et autres substances contenues dans les eaux, mais aussi en rapport avec la température, le degré de pression et avec le temps que dure le contact entre l'eau et la roche. Les sources thermales sont donc en général plus minéralisées que les sources froides, mais il y a des sources thermales à minéralisation très faible.

Comme exemple, on peut citer les eaux acidulées de Gastein et de Pfäfers qui ne contiennent que 0,3490 et 0,2989 de substances fixes. En Portugal, les eaux thermales de Gerez ne contiennent qu'un quart de gramme de résidu fixe, malgré une température de 47°.

Composition diverse de griffons d'une même source.— On voit souvent admettre que des sources sourdant par des griffons voisins et présentant ou non la même température, doivent nécessairement présenter la même composition. Cette idée est erronée, car si ce cas se présente souvent, on a par contre

de nombreux exemples de sources très voisines présentant des compositions fort différentes, non seulement quant à la quantité des matières dissoutes, mais aussi quant à la nature de ces substances. Un des exemples les plus curieux est celui des sources de Cheltenham, parmi lesquelles quatre sources principales sont divisées en filets présentant des qualités différentes.

J'en citerai deux exemples : la source du Old-Well présente quatre filets dont la minéralisation par litre varie de 7,07 à 12,54, l'un présente 6 grammes de chlorure de sodium et 1,5 de sulfate de soude, un autre 1,8 de chlorure de sodium et 4,5 de sulfate de soude. Le puits Thompson contient sept sources dont les propriétés sont notablement différentes.

Le terrain traversé par deux conduits voisins peut présenter des différences, autant dans la composition que dans l'abondance de certaines substances, ce qui nous explique pourquoi des eaux, ayant une même origine commune, peuvent présenter des propriétés différentes à leur point d'émergence, et comment cette différence peut parfois disparaître par suite d'un captage, fait qui s'est présenté pour les deux sources d'Aix-les-bains.

Variations.—Les études rigoureuses qui ont été faites sur quelques sources minérales de l'étranger ont montré que le *degré de concentration* est sujet à des variations dans la suite des temps et à des variations périodiques, et que ces deux catégories de variations se font aussi sentir quant à la composition chimique.

M. L. de Hlosvay¹ a analysé l'eau de la source Margit (Hongrie) en octobre 1877 et en octobre 1888, et est arrivé aux résultats suivants :

1° La somme des matières fixes a augmenté de 24,03 pour cent.

2° La quantité de chaque substance a sensiblement diminué, sauf pour le carbonate de fer et l'acide salicilique qui ont légèrement augmenté, et le carbonate de soude qui a considérablement augmenté (de 2,5333 à 3,6416).

3° L'acide borique a complètement disparu ; en 1877, cette eau en contenait 0^{gr},0864 par 1000 grammes.

Par contre, on a observé un peu de carbonate de potasse, substance qui n'existait pas en 1877.

¹ L. v. Hlosvay, *Ueber die Veränderlichkeit der chemischen Zusammensetzung der Mineralwässer*. Földtani Közlöny, Budapest, 1890, vol. xx, p. 424.

M. Inostranzeff¹ a été beaucoup plus loin dans ses observations sur les sources de Drouskeniki, en Russie.

Ces sources sont au nombre de dix-sept; celle qui porte le n° 2 a été analysée en 1835, 1867, 1871 et 1881. Les quantités de calcium et de magnésium ont progressivement augmenté, tandis que la quantité de chlore et de sodium a diminué.

Calcium.....	de	8,37 à 14,01
Magnésium.....	de	1,99 à 7,16
Sodium.....	de	28,50 à 18,00
Chlore.....	de	62,66 à 59,51

La densité a varié de 1,0044 à 1,0092 et la quantité de substances fixes par litre, de 5^{gr},324 à 9,9780.

Ces variations s'expliquent aisément si l'on réfléchit que la minéralisation n'est due qu'à l'extraction de matières contenues dans le sol. Celles-ci diminueront forcément si la surface mise en contact avec l'eau ne subit pas de changements, soit que l'eau pénètre à de nouvelles couches présentant les mêmes matières, soit par suite d'éboulements souterrains. Les mêmes causes peuvent amener une composition différente, si les nouvelles strates mises en contact présentent des matières différentes.

Ces éboulements souterrains ne sont pas une hypothèse, on connaît de nombreux cas où ils ont produit un effondrement du sol; d'autres fois, ils se font sentir par des bruits intérieurs ou de légers tremblements de terre.

M. Inostranzeff, voulant se rendre compte si ces modifications ont seulement lieu pendant des espaces de temps considérables, organisa un service d'analyses quotidiennes de l'eau des dix-sept sources, service qui fonctionna pendant deux mois et lui fournit les résultats suivants: «La composition chimique et la concentration de l'eau des différentes sources varient tous les jours et ne présentent nullement une constance absolue».

Les mêmes observations, répétées l'année suivante, donnèrent les mêmes résultats, modifiés par les quantités différentes d'eau et de neige tombées pendant l'hiver.

L'auteur ne s'en tint pas là, désirant voir si cette variabilité provient d'un mélange d'eaux atmosphériques, spécial à ces sources, il fit analyser quotidiennement pendant un an l'eau d'un puits artésien de St. Pétersbourg, dont la profondeur est de 658 pieds. Ce travail donna comme résultats, que la

¹ Page 85 de l'ouvrage cité p. 5.

concentration de cette eau n'a pas changé de 1865 à 1883, mais qu'elle éprouve, ainsi que sa composition chimique, des modifications quotidiennes.

Les moyennes montrent un minimum de densité en juin, puis il y a augmentation graduelle jusqu'en décembre et janvier, après quoi commence la diminution. L'absence d'observations météorologiques dans la contrée d'où proviennent les eaux alimentant le puits, empêche de pousser plus loin les conclusions.

Le même auteur mentionne des observations faites en Pologne sur les sources minérales de Tzekhotzinsk, observations qui démontrent aussi des variations quotidiennes.

Un dernier cas pour terminer cet article.

Les trois sources de St-Gervais (Haute-Savoie) contenaient en 1849 du sulfure de calcium dans la proportion de 0^{gr},00420; 0,00801 et 0,02385 par litre, tandis que des analyses faites en 1878 et en 1889 prouvent qu'elles n'en contiennent actuellement plus trace.

Systèmes de classification. — Le grand nombre de corps différents contenus dans les eaux thermales et le grand nombre de groupements auxquels ils donnent lieu, rendent la classification extrêmement arbitraire, surtout si l'action thérapeutique doit entrer en compte.

Dans la Péninsule, on paraît employer de préférence la classification en cinq familles de l'hydrologiste espagnol Rubio, exposée et subdivisée par M. Antonio Teixeira de Sousa¹; je me bornerai donc à la citation de ces cinq classes : 1^{ère} acidulées-gazeuses, 2^e alcalines, 3^e salines, 4^e sulfureuses, 5^e ferrugineuses.

Dans son travail magistral, essentiellement géologique, M. Daubrée² adopte la classification purement chimique, basée sur la combinaison qui prédomine, tout en faisant remarquer ses inconvénients, non seulement vis-à-vis de la thérapeutique mais aussi au point de vue géologique.

Un des inconvénients les plus saillants est que l'on peut être obligé de ranger dans plusieurs familles certains groupes de griffons ayant évidemment une même origine géologique.

J'en ajouterai un autre, concernant les eaux contenant deux substances en quantités très voisines. Il arrive souvent que

¹ *Memoria sobre uma classificaçao de aguas minero-medicinaes.* (Trabalhos elaborados pela commissão nomeada em 30 de julho de 1890.) Lisboa, 1892.

² Daubrée, *Les eaux souterraines à l'époque actuelle.* Paris, 1887. t. II.

des analyses faites à des époques diverses accusent tantôt la prédominance de l'une des deux substances, tantôt de l'autre ; l'eau changera donc de classe, quoique le changement constaté soit insignifiant à tous les points de vue.

Cette classification n'est pas applicable au Portugal, car on n'y possède pas encore un nombre suffisant d'analyses quantitatives sérieuses.

DEUXIÈME PARTIE

Observations sur les sources du pays

I. Généralités

Les aires mésozoïques ne consistent pas uniquement dans les affleurements de terrains mésozoïques mais dans la totalité de l'étendue de ces terrains, qu'ils soient ou non recouverts par des strates plus récentes.

Ces aires sont au nombre de quatre :

1° La grande surface comprise entre l'Océan et une ligne passant approximativement par Aveiro, Coïmbra, Thomar et Lisbonne.

2° La péninsule de Setubal.

3° Une bande de faibles dimensions entre S. Thiago de Cacem et l'Océan.

4° L'Algarve.

La première contrée contient un grand nombre de sources thermales ou simplement minérales ; on n'en cite pas dans les 2^e et 3^e contrées, et fort peu dans la partie mésozoïque de l'Algarve.

Nous avons déjà vu que la limite entre les sources à température ordinaire et les sources thermales varie avec la température moyenne du lieu.

Le nombre d'observatoires météorologiques de ces contrées est malheureusement fort restreint. Voici quatre stations montrant les variations de la température moyenne du lieu selon la latitude.

<i>Lagos</i> . .	Altitude	13 mètres.	Température moyenne	17°,40
<i>Lisbonne</i>	»	95	»	15°,85
<i>Coïmbra</i>	»	140	»	14°,68
<i>Porto</i> . . .	»	100	»	15°,17

Il est à remarquer que si Coïmbra, situé entre Lisbonne et

Porto, présente une température moyenne inférieure à celle de cette dernière localité, cela tient en partie à la différence d'altitude et en partie à l'éloignement de la mer.

L'exemple suivant, que m'a communiqué M. João de Brito Capello¹, montre combien la diminution de température suivant l'altitude peut varier sous une même latitude.

La différence d'altitude des observations de Coïmbra et de Serra d'Estrella étant de 1310 mètres, et la différence entre les températures moyennes de ces deux points étant de 7°,89, il y a diminution de 1° par 166 mètres, tandis qu'entre Coïmbra et Guarda, la différence est de 4°,91 pour 900 mètres, soit de 1° par 108 mètres. *

Voici un exemple démontrant l'influence des conditions spéciales du lieu. Ces données m'ont été fournies par M. C. A. de Sousa Pimentel, elles sont la moyenne d'observations faites en 1885 et 1886 en trois points voisins, ne présentant que de faibles différences d'altitude.

<i>S. Pedro de Muel</i>	Altitude approximative	40 ^m	Moyenne	14°,02
<i>T 259</i> , dans la forêt	»	70 ^m	»	13°,05
<i>Marinha Grande</i> ..	»	87 ^m	»	14°,85

Température du sol

La température du sol est étudiée aux deux observatoires de l'école agronomique de Villa Fernando et à l'observatoire météorologique de l'Infant D. Luiz à Lisbonne².

Dans le premier établissement, les observations ont lieu six fois par jour (6^m, 9, 12, 3^m, 6, 9) aux profondeurs de 0^m,15; 0,3; 0,6; 1,20 et 2,40. Elles permettent donc de juger jusqu'à un certain point des variations diurnes.

Ces observations ne sont malheureusement pas publiées, mais M. J. V. Mendes Guerreiro, directeur des travaux publics du district de Portalegre, a bien voulu me confier les feuilles relatives aux années 1888 à 1891. Limité par le temps, je n'ai pu en déduire que ce qui a rapport aux variations diurnes.

L'étude du sol est faite à l'observatoire de Lisbonne au moyen de 5 thermomètres ordinaires, enfouis à la profondeur de 0^m,05; 0,3; 0,7; 1,1 et 1,5 et au moyen de deux thermomètres de Becquerel, à la profondeur de 5 et 10 mètres.

¹ Mr. João de Brito Capello, directeur de l'observatoire météorologique de l'Infant D. Luiz, a mis la plus grande obligeance à me fournir les renseignements sur les observations relatives à la température du sol; je le prie d'agréer ici mes sincères remerciements.

² Il est probable qu'elle est aussi étudiée dans d'autres observatoires d'agronomie ou de sylviculture, mais dont je n'ai pas connaissance.

Ces deux dernières observations ont cessé, celle de 5^m à la fin de 1890 et celle de 10^m à la fin de 1889.

Les annales de cet observatoire publient les lectures quotidiennes qui ont lieu à huit heures du matin, et les moyennes par décades, par mois et par années. Son directeur, M. J. C. de Brito Capello a bien voulu me permettre de publier les tableaux inédits que l'on trouvera plus loin.

Variations diurnes

Nous ferons en premier lieu remarquer que les extrêmes tombent parfois entre neuf heures du soir et six heures du matin, laps de temps pendant lequel il ne se fait pas d'observations; par conséquent les conclusions ne peuvent se tirer qu'en choisissant les jours où cet inconvénient n'a pas eu d'influence, ce qui provoque de l'arbitraire et est par conséquent une cause d'erreur. D'un autre côté, je n'ai pas pu compiler la totalité des observations, mais seulement un ou deux jours de chaque mois des différentes années.

Ces réserves faites, j'ai obtenu les résultats suivants:

1° Amplitude des variations diurnes.

Air	0 ^m ,15	0 ^m ,30	0 ^m ,60	1 ^m ,20	2 ^m ,40
Inférieure à 10°..	0°,9 à 1°,7	0°,4 à 1°	0°,1 à 0°,3	0° à 0°,3	0° à 0°,1
Entre 10° et 17°..	2°,4 à 5°,0	0°,3 à 5°	0°,1 à 1°,2	0° à 0°,3	0° à 0°,2

D'où nous voyons que l'influence de l'heure de la journée est très sensible à 0^m,15 et 0^m,30, tandis qu'elle ne provoque pas même une variation de 1°,5 à la profondeur de 0^m,60. A partir de 1^m,20, le maximum de variation dans le courant d'une journée est de 0,3, mais on ne peut plus discerner de variations diurnes; ces différences sont produites par des ondes de chaleur d'une série de jours et par la variation des saisons.

2° Retard sur les variations de l'air.

Les observations ne sont pas faites à des intervalles assez rapprochés pour que l'on puisse en déduire des chiffres exacts; les résultats approximatifs sont les suivants:

Le maximum de la température de l'air se trouve généralement à la lecture de 3 heures, dans quel cas le maximum de température du sol à 0^m,15 est indiqué: rarement à 3 heures, rarement de 3 à 6, le plus souvent à 6 heures. Quelques fois le maximum de température de l'air a lieu à midi, et alors le maximum à la profondeur de 0^m,15 est indiqué à 3 heures.

A la profondeur de 0^m,30, la lecture maxima est le plus souvent à 6 heures du soir; elle se maintient parfois de 6 à 9 et d'autres fois correspond à 9 heures seulement.

Cette variation dans le temps mis par le calorique pour pénétrer à une même profondeur me paraît n'être qu'apparente; elle a lieu lorsque la lecture précédant celle du maximum offre une température voisine de ce dernier. Les jours où les changements de température ont été brusques, on arrive à la conclusion que ce retard est de 3 heures pour la profondeur 0^m,15 et de 6 heures pour celle de 0^m,30; autant du moins qu'il est possible d'en juger par des lectures aussi espacées.

A la profondeur de 0^m,60, les variations affectent une série d'observations, pourtant quelques cas spéciaux¹ font voir que le retard est au moins de 24 heures¹.

Pour résumer pratiquement ce qui précède, disons que le maximum de température a lieu entre 3 et 6 heures du soir, à la profondeur de 0^m,15 (sauf dans les cas, fort rares, où le maximum de l'air a eu lieu à 6 heures du soir, dans quels cas le maximum à 0^m,15 a eu lieu de 6 à 9) et qu'à la profondeur de 0^m,30, il a lieu de 6 à 9 heures du soir.

Le minimum a lieu de 6 à 9 heures du matin à la profondeur de 0^m,15 et de 9 à midi à celle de 0^m,30.

La répartition de la chaleur selon les heures à 0^m,60 a lieu tantôt le matin, tantôt le soir et tantôt à midi, et ne laisse pas reconnaître de règles, du moins en se basant sur ces observations interrompues de 9 heures du soir à 6 heures du matin.

Variations par périodes

Au-dessous de 1 mètre, ce ne sont plus seulement les variations diurnes qui perdent leur importance, mais la moyenne de la journée ne se fait même plus sentir. L'augmentation ou la diminution suivant les saisons a lieu à peu près régulièrement; il y a bien encore des sauts atteignant 0°,3, mais ils correspondent à une onde de chaleur et non pas à l'influence isolée d'une journée. Suivant la profondeur, on devra donc consulter les tableaux donnant la moyenne quotidienne, et grouper les jours de température à peu près égale.

¹ Ces chiffres correspondent à ceux que M. Stapff a trouvés à Walfish-bay. Le minimum et le maximum de la température de l'air se font sentir dans le sol avec un retard de 7 heures à la profondeur de 31 centimètres (conglomérats) et de 21 heures et demie à la profondeur de 57 centimètres (sable). L'amplitude des variations était de 17° pour l'air (minimum 12°,8; maximum 30°,3), elle était de 2°,5 à la profondeur de 0^m,31 (min. 25°,9, max. 28°,4) et de 1°,2 à 0^m,57 (min. 27°,2; max. 28°,4).

Les tableaux qui suivent ont été dressés par M. J. de Brito Capello d'après les observations quotidiennes de 10 années, 1880 à 1889, pour les observations directes, c'est-à-dire jusqu'à la profondeur de 1^m,50.

Le premier donne la moyenne mensuelle, le deuxième les températures extrêmes observées pendant ces dix années, le troisième enfin, donne les dates correspondant aux moyennes des maxima et des minima pendant le même laps de temps.

Températures moyennes (1880 à 1889)

	Gazon	0 ^m ,05	0 ^m ,3	0 ^m ,7	1 ^m ,1	1 ^m ,5
Janvier	13,47	8,44	9,99	11,23	12,42	13,61
Février	15,92	9,68	10,95	11,68	12,38	13,17
Mars	19,85	12,44	13,01	13,20	13,37	13,67
Avril	23,00	14,23	15,05	14,95	14,76	14,68
Mai	26,11	17,28	17,84	17,28	16,60	16,06
Juin	28,31	20,12	20,70	19,93	18,94	17,97
Juillet	29,69	21,79	22,90	22,22	21,13	19,91
Août	29,25	21,86	23,37	23,20	22,42	21,34
Septembre	26,97	19,73	21,50	21,88	21,76	21,26
Octobre	22,07	16,14	17,66	18,71	19,42	19,72
Novembre	16,71	12,54	14,26	15,60	16,73	17,57
Décembre	13,09	9,12	10,95	12,47	13,89	15,13
Année	22,04	15,28	16,52	16,86	16,99	17,01

Températures extrêmes observées de 1880 à 1889 (a)

Profondeurs	0 ^m ,05		0 ^m ,30		0 ^m ,70		1 ^m ,1		1 ^m ,5	
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
Janvier	14,4-81	3,3-87	13,7-81	7,3-80	13,5-81	9,1-80	14,1-81	10,9-89	15,1-82	12,6-85
Février	14,9-82	3,3-86	14,3-81	7,4-88	13,8-81	9,4-88	14,0-81	10,8-88	14,4-83	12,1-88
Mars	17,3-81	6,0-88	15,7-81	8,2-88	15,4-81	9,6-88	15,0-81	10,8-88	15,1-81	11,9-88
Avril	19,3-81	10,3-85	18,1-81	12,5-88	16,9-81	13,1-88	16,2-86	13,0-83	15,9-81	13,3-88
Mai	22,3-80	13,1-86	20,6-81	13,7-84	19,6-81	14,1-84	18,8-88	14,2-84	18,0-81	14,4-84
Juin	24,2-87	15,5-89	21,4-87	17,2-89	22,9-81	17,2-86	21,1-87	16,9-89	20,0-81	16,1-89
Juillet	24,5-84	18,6-88	25,0-87	19,7-89	24,2-81	19,1-89	23,1-81	18,2-89	22,6-81	17,1-89
Août	25,2-87	18,7-88	25,8 (b)	21,3-85	25,1-81	21,5-89	24,1-81	20,7-89	23,2-81	19,3-89
Septembre	23,3-89	15,1-85	24,1-80	18,8-82	23,7-80	19,7-89	23,4-81	20,1-89	22,9-81	19,7-89
Octobre	21,4-88	10,1-81	21,6-88	14,3-87	22,2-81	15,6-89	22,1-81	17,0-89	22,1-81	17,6-89
Novembre	17,7-80	4,8-84	18,6-89	9,0-84	19,3-80	11,8-84	19,8-80	14,2-86	19,9-80	15,5-86
Décembre	14,0-80	2,9-87	14,1-86	7,0-87	14,9-81	9,5-89	16,5-81	11,5-89	17,5-81	12,9-89

(a) Les premiers nombres de chaque colonne indiquent la température, les deuxièmes indiquent le millésime.

(b) 1881 et 1886.

Dates moyennes des maxima et des minima de 1880 à 1889

Profondeurs	Maxima	Retards	Minima	Retards
0 ^m ,05	1 ^{er} août		9 janvier	
0 ^m ,3	7 "	6 jours	12 "	3 jours
0 ^m ,7	14 "	7 "	20 "	8 "
1 ^m ,1	21 "	7 "	29 "	9 "
1 ^m ,5	29 "	8 "	10 février	12 "

Les observations effectuées aux profondeurs de 5 et de 10 mètres ne sont pas encore assez avancées pour que l'on puisse en déduire les résultats définitifs, mais ce qui est acquis est déjà fort précieux.

Les époques de maximum et de minimum de température dans l'air et dans le sol à ces profondeurs présentent les relations suivantes :

	Maxima	Retards	Minima	Retards
Température de l'air	Août		Janvier	
Température du sol à 5 mètres	Décembre	4 mois	Juin	5 mois
Température du sol à 10 mètres	Mars	3 "	Septembre	3 "
Température du sol à 20 mètres	Constante probable 18°,2, var. < 0°,01.			

Les différences à la profondeur de 5 mètres varient de 1°,61 à 2°,50, la température maxima pour les dix années étant approximativement 19°,28 et la température minima 15°,52.

À la profondeur de 10 mètres, les variations dans le courant d'une année sont comprises entre 0°,32 et 0°,56, et les maxima et minima pour les dix années sont de 18°,33 et de 16°,35.

Nous voyons donc que les variations atmosphériques mettent 4 à 5 mois pour pénétrer dans le sol à la profondeur de 5 mètres, et 7 à 8 pour celle de 10 mètres.

À Lisbonne, la température moyenne de l'air est d'un peu plus de deux degrés inférieure à celle de la zone de température constante.

Température de l'eau souterraine

La connaissance des variations de la température du sol aux diverses profondeurs est un des guides les plus puissants pour l'hydrologie souterraine et par conséquent pour toutes les questions scientifiques qui en dépendent. Il a déjà été fait beaucoup en Portugal pour arriver à cette connaissance mais il reste encore beaucoup à faire.

Une autre partie du problème est plus en retard, c'est la relation entre la température de l'eau et celle du sol, problème très compliqué comme nous l'avons déjà fait remarquer (voyez p. 11).

Les faits acquis resserrent pourtant la question entre certaines limites, nous citerons en particulier les points suivants se rapportant à la contrée de Lisbonne :

Toute source dont la variation annuelle excèdera $2^{\circ},50$ à son siège au-dessus de 5 mètres, sauf le cas de canaux largement ouverts. Il en est de même des sources présentant temporairement une température inférieure à $15^{\circ},5$ ou supérieure à $19^{\circ},3$, sauf, pour ce dernier cas, si l'on a affaire à une source thermale, ce dont on devra s'assurer par des observations dans d'autres mois de l'année.

Pour les régions situées en dehors de celle de Lisbonne, on ne s'éloignera probablement pas beaucoup de la vérité en admettant des variations dans les mêmes limites, autour de la température moyenne du lieu, augmentée de 2° .

Observations sur la température des sources ordinaires du pays

En 1812, A. A. Vandelli¹ a publié des observations sur vingt-et une sources de Lisbonne et des environs. Au premier abord, il semble que la température indiquée se rapporte aux sources, mais un examen plus attentif fait voir qu'il avait en vue la température de l'eau au moment où il en déterminait la densité. C'est ce qui explique pourquoi il trouve des chiffres aussi bas que $12^{\circ},2$ à 15° centigrades, aussi bien pour les sources thermales de Chafariz d'El-rei que pour les sources ordinaires. Cette publication ne nous donne donc pas de renseignements pour ce chapitre.

¹ Alexandre Antonio Vandelli. *Memoria sobre a gravidade especifica das aguas de Lisboa e seus arredores*. Mem. economicas da Academia real das sciencias. Vol. iv. Lisboa, 1812.

Il n'en est pas de même du mémoire de Carlos Ribeiro ¹ sur l'approvisionnement d'eau de la ville de Lisbonne. L'auteur a malheureusement omis de donner les détails nécessaires pour que l'on puisse se rendre compte de la raison des différences entre les diverses sources. J'ai essayé de suppléer par la carte au manque d'indication des altitudes, mais il est d'autres causes que l'on ne pourrait observer que sur le terrain.

En outre de cette publication, j'ai utilisé les observations de M. le dr. Mastbaum ², de M. le dr. Schindler et les miennes. A ce sujet, je ferai remarquer que ce n'est que depuis 1889 que j'ai à ma disposition un thermomètre vérifié, donnant les fractions de degrés; celui dont je me servais auparavant a malheureusement été brisé avant que j'aie pu le confronter. J'aurai soin d'avertir lorsque les observations auront été faites avec le thermomètre corrigé. Le thermomètre de M. Mastbaum est exact.

Ces différentes observations n'étant pas suffisantes pour que l'on puisse en tirer des conclusions générales ou en dresser un tableau comparatif, je me bornerai à les signaler dans leur ordre géographique.

Environs de Setubal.— Carlos Ribeiro, mai et juin 1864.

<i>Alluvions.</i> Campo de Bomfim et Baixa de Palmella. — 10 puits, altitude 0 à 30 ^m (?)	16°,6 à 18°,5
<i>Graviers pliocènes.</i> 6 puits au pied de l'escarpement de Fontainhas à l'est de Setubal. — Altitude 0 à 10 (?)	18° à 18°,9
<i>Molasse tertiaire.</i> 7 puits et sources. — Altitude 30 à 200 ^m	16°,5 à 19°,5
<i>Calcaires et conglomérats du Jurassique supérieur,</i> entre Serra de S. Luiz et la mer. — 12 puits et sources, altitude 5 à 160 ^m (?)	16°,7 à 19°

Nous voyons que les températures maxima et minima se trouvent dans toutes les catégories, sauf dans la deuxième, ce qui nous prouve que ces sources sont à des profondeurs différentes.

¹ Carlos Ribeiro. *Memoria sobre o abastecimento de Lisboa com aguas de nascente e aguas de rio.* Mem. Comissão geologica. Lisboa, 1867. Son mémoire de 1857, *Reconhecimento geologico e hydrologico, etc.*, ne fait pas mention de la température.

² Dans le cours de ce mémoire on trouvera des références à plusieurs analyses des eaux de Lisbonne, que M. le dr. Mastbaum, directeur du laboratoire de chimie du 7^e arrondissement agronomique, a mis à ma disposition avec la plus grande libéralité; il voudra bien agréer ici mes vifs remerciements.

Eaux phréatiques des dunes.— La grande étendue de sable qui garnit la côte entre Trafaria et Adissa sert de réservoir à l'eau douce qui découle des escarpements tertiaires. Les bergers qui veulent faire boire leurs moutons, ou les ménagères de Costa qui veulent laver leur linge, savent que dans les parties basses, il suffit de creuser un trou de 0^m,20 à 0^m,40 pour trouver de l'eau douce.

Les puits établis pour fournir de l'eau toute l'année n'ont que 0^m,20 à 0^m,50 près des maisons les plus méridionales (Foz do Rego). Au milieu de l'avant dernier groupe de maisons se trouve un puits de 1^m,50; près de Costa, ils ont de 2 à 3^m et celui de Casa Branca, près de la fabrique de dynamite, a 3^m,20. En été, ces différents puits ont de 0^m,40 à 0^m,50 d'eau.

La nappe d'eau de ces sables homogènes n'a pas une surface horizontale; elle suit toutes les courbes de la surface du sol, tout en présentant des inégalités un peu moindres. Après plusieurs mois de sécheresse, j'ai creusé au sommet de dunes formant des monticules isolés de tous côtés, et j'ai toujours rencontré le sable mouillé à 0^m,50 ou 0^m,60 de profondeur, alors que dans les bas fonds il se trouvait à 0^m,20.

Ce fait est du reste général dans les dunes, et est bien connu, grâce surtout aux travaux d'approvisionnement de quelques localités de la Belgique et des Pays-Bas, utilisant l'eau des dunes.

Des observations faites pendant trois jours consécutifs en juillet 1892, dans le puits de Casa Branca, m'ont donné les résultats suivants (corrigés):

	Juillet			Air extérieur
	17	18	19	
7 heures du matin	19°,7	19°,7	19°,9	18°,9 à 19°,3
3 heures du soir	20°,4	20°,8	20°,1	20° à 25°
6 heures du soir	20°,2	20°,0	20°,0	21°,3 à 22°,3

Ces quelques observations nous montrent que les variations diurnes se font sentir dans ce puits *sur de l'eau* sourdant à plus de 3 mètres de profondeur, tandis qu'elles ne sont plus sensibles *dans le sol* à une profondeur de 0^m,70.

La première explication qui vient à l'esprit est d'attribuer cette élévation de température au contact de l'eau du puits avec l'air. Or ce n'est pas le cas, ce puits étant garanti par une maçonnerie d'environ 2 mètres de hauteur, les variations de température y sont très faibles, et du reste l'eau en

est extraite par un moulin à vent fonctionnant presque toute la journée, elle est donc presque continuellement renouvelée, indépendamment du renouvellement naturel par son écoulement souterrain.

C'est précisément à ce renouvellement continu que j'attribue ces variations de température, car son action s'exerce sur le sable sous forme d'un cône renversé dont le sommet est au point d'extraction. La plus grande partie de l'eau attirée provient donc du sable chauffé par le soleil, eau qui est substituée par capillarité aux dépens de l'eau d'imbibition du sable situé en dehors du cône d'alimentation directe.

Sources et puits de Lisbonne.— Le mémoire de C. Ribeiro contient (p. 12) un tableau donnant la température (janvier 1864) de sept sources situées à l'est de Bica do Sapato, c'est-à-dire sourdant du *Tertiaire* de la partie orientale de Lisbonne et de Valle de Chellas.

M. Mastbaum a examiné quatre de ces mêmes sources et une autre de la même région en mars, avril et mai de 1892.

Six de ces sources ont leur température comprise entre 14°,6 et 16°,7. Une autre, poço da Letrada, a donné 14°,5 en janvier et 18°,4 en mai. Le puits du jardin du palais des comtes d'Almada, près du théâtre de D. Maria, ne marquait que 13° en février 1892. De l'autre côté du Tage, Fonte da Pipa avait aux goulots une température de 18°,2 à 18°,6 (goulot oriental) le 14 janvier 1893.

Ce sont évidemment des sources subissant fortement les variations atmosphériques, ce qui n'est pas le cas pour les eaux ascendantes des sondages de l'Arsenal de la marine et de l'embarcadère du chemin de fer du Sud, qui traversent la totalité du limon pour atteindre les strates tertiaires. Ce dernier forage aurait une profondeur de 38 mètres au-dessous de la surface de l'eau. La température de l'eau sortant de la pompe était de 17°,4 en octobre 1892 et en janvier 1893, la première observation étant faite à marée basse, et l'autre à marée haute.

Huits puits de la partie basse de la ville, situés entre les rues du Príncipe, de S. Julião et de S. Paulo, ont été examinés par M. Mastbaum et par moi, en novembre et décembre 1892. On peut les grouper comme suit :

4 d'une profondeur de 3 ^m ,10 à 3 ^m ,85	température	18°	à	19°,2
1 (rua dos Correeiros, 173)	4 ^m ,20	»	17°	à 17°,2
1 (arco do Bandeira, 123)	6 ^m ,30	»	17°,4	à 17°,6
1 (S. Paulo, 136)	6 ^m ,30	»	19°	
1 (Príncipe, 3)	9 ^m ,50	»	18°	

Ce dernier puits atteint certainement les couches tertiaires, tandis que les autres sont pour la plupart dans les anciennes alluvions de l'estuaire du Tage, les dépôts des torrents et les déblais. Il y a évidemment différents cours d'eau et différentes nappes qu'une étude systématique pourrait facilement faire connaître. La température de ces eaux est notablement influencée par la modification que le groupement des maisons fait subir aux surfaces isogéothermiques.

Des observations intéressantes concernant les modifications de la température de l'eau à l'intérieur de Lisbonne se trouvent dans un rapport de M. Joaquim Nunes de Aguiar, ingénieur chargé du service des eaux en 1867¹.

Pendant le mois d'août et le commencement de septembre de la dite année, le maximum de la température de l'eau a été de 17°,5 dans le réservoir des Amoreiras, et de 20° dans les réservoirs do Pombal et do Arco, tandis que les eaux distribuées aux fontaines publiques par la canalisation de fer avaient une température comprise entre 20° et 24°,5, en général de 22 à 23°.

Le même observateur fit une série d'essais thermométriques sur la température du sol des rues de Lisbonne, à 1 mètre de profondeur, et trouva de 1 à 2° en moins que l'air dans les terrains imperméables (ex.: Travessa de S. Mamède, chemins de circonvallation et Campo d'Ourique), tandis que les rues présentant de fortes infiltrations d'eaux superficielles (ex.: Corpo Santo et rua da Boa Vista) avaient une température de 5° plus élevée que celle de l'air. Il attribuait ce fait à la fermentation des substances organiques entraînées par des eaux viciées, ce qui paraît peu probable.

Crétacique des environs de Lisbonne.—C. Ribeiro (p. 38) donne la température de sept sources (les autres ne sont pas observées à l'origine) des environs de Porcalhota et de Carenque, le 21 février 1864. Leur altitude doit être approximativement de 200 à 250 mètres. La température de six d'entre elles est comprise entre 16° et 17°.

La septième *Mãe d'agua velha*, présentait par contre 20°, chiffre fort extraordinaire pour cette saison, car cette source est tout à côté d'une autre ne présentant que 16°. D'après Velloso de Andrade² cette source est la plus forte de toutes

¹ *Boletim do ministerio das obras publicas, commercio e industria*, março de 1868, p. 237.

² José Sergio Velloso de Andrade, *Memoria sobre chafarizes, bicas, fontes e poços publicos de Lisboa, Belem e muitos logares do termo*. Lisboa, 1851, p. 247.

celles que reçoit l'aqueduc, les jaugeages qu'il cite sont faits en août et septembre. Sur ma demande, M. le dr. Schindler a eu l'obligeance de l'observer le 8 novembre 1892 et a de nouveau trouvé 20° (corrigé), tandis qu'elle n'avait que 19° le 15 janvier 1893. Le gardien de l'aqueduc lui a dit que cette eau est toujours plus chaude que celle des autres sources.

Cette abondance d'eau en été et une température de 20° en février, prouvent que l'on a affaire à une source tirant son calorique de la profondeur. Le renouvellement de l'expérience à différentes époques de l'année montrerait sa profondeur approximative. Carlos Ribeiro dit que cette source provient d'une faille, sans faire de réflexions sur cette température anormale.

D. Maria (environ 230^m), source émergeant des grès crétaciques, 16°,4, le 29 juin 1892. (Mastbaum.)

Fonte Velha au nord de Caneças, un peu plus élevée comme altitude et comme âge, 15°,6. Même jour et même observateur.

Le 15 janvier 1893, en compagnie de M. Mastbaum, j'ai trouvé des températures un peu plus basses pour quelques sources du valle de Carenque aboutissant à l'aqueduc des Aguas Livres. Elles étaient comprises entre 14°,6 et 17°,6. Huit sources aboutissant à l'aqueduc de Valle de Lobos et sourdant des grès, marquaient de 14°,8 à 17°,2, tandis que trois sources de l'aqueduc da Matta, sourdant des calcaires inférieurs aux grès, marquaient de 16°,6 à 18°,2. Ces dernières étaient plus volumineuses que celles des grès.

M. le dr. Schindler a pris la température des trois sources ferrugineuses suivantes (3 décembre 1892): Valle de Lobos, 13°,8; Quinta Wimmer près Bellas, 14°,6; et Venda Secca (Jances), 16°,8.

Petite source à environ 150 mètres au nord des bains d'*Estoril*, 19°,3, le 24 septembre 1892 à 3 heures du soir. Elle sourd des grès crétaciques, mais son réservoir est à peine à 1 mètre sous le sol, elle doit donc subir les variations diurnes. Altitude environ 15 mètres. (Choffat.)

Environs de Caldas da Rainha.—Deux fortes sources près des bains d'Aguas Santas m'ont donné 17°,5 au mois d'août. L'ancienne source de ces bains varierait de 15°,8 à 19°.

Anadia.—Une source très forte émerge à 200 mètres à l'est des maisons d'Arcos, un peu au-dessous du niveau de la plaine, au pied oriental de la colline de Crastro d'Anadia, formé par les calcaires du Lias inférieur; le 17 juillet 1887, à 8 heures du matin, sa température était de 16° (thermomètre ordinaire).

Une source provenant des flancs de la même colline ali-

mente la fontaine d'Arcos; à la même heure, elle marquait 25°,5, alors que la température de l'air n'atteignait que 24°. Cette température paraît au premier abord extraordinaire, mais si nous consultons les observations faites la veille à Lisbonne, à la même heure, nous voyons que la température était de 24°,8 à la profondeur de 0^m,30; en août de la même année, nous trouvons 25°,6 à la même profondeur et 25,8 en 1881 et 1886 (tableau des températures extrêmes).

Il faut en conclure que la température de l'air avait été un peu plus haute à Anadia qu'à Lisbonne, et que l'on a affaire à une source très peu profonde.

Minéralisation

Le chimiste reconnaît dans toutes les eaux une variété extraordinaire de substances en dissolution ¹, lorsqu'il opère sur une grande quantité d'eau et qu'il recherche les substances ne s'y trouvant qu'en quantités très faibles.

L'énumération de ces substances a donc peu de valeur pour le géologue, surtout dans le cas actuel, la recherche de ces différentes substances dans les roches sédimentaires n'ayant pas encore été faite. Néanmoins, je donnerai une liste de toutes les substances reconnues dans les sources qui nous occupent, en indiquant par des italiques celles qui sont le plus fréquentes.

Dans les comparaisons des sources, je ne citerai que les substances les plus abondantes, en leur donnant un numéro indiquant le rang que leur poids leur assigne dans chaque source.

Ce procédé a l'avantage de permettre de saisir, au premier coup d'œil, la relation entre les différentes substances, ce qui n'est pas le cas lorsque l'on indique les quantités réelles. On peut du reste se faire une idée approximative de cette quantité pour les principales substances, ou du moins de sa relation d'une source à l'autre par les poids des matières fixes que j'ai indiqués in extenso.

Les personnes qui désireraient connaître les chiffres exacts pour chaque substance les trouveront dans le traité de M. A. L. Lopes² et je donnerai le détail des analyses ne figurant pas dans cet ouvrage.

Dans les comparaisons d'analyses faites par différents chi-

¹ On a jusqu'à ce jour reconnu la présence de 32 corps simples dans l'eau de mer, et il y en a certainement encore d'autres. J. Roth, *Allgemeine und chemische Geologie*. 1879.

² Note de pag. 3.

mistes, il ne faut pas oublier que l'on ne détermine directement que les corps simples ou quelques composés simples et que le calcul des autres composés peut donner des résultats différents suivant les auteurs. C'est une cause d'erreur que l'on ne peut pas éliminer dans l'état actuel de la connaissance de ces eaux.

Corps reconnus dans les eaux des aires mésozoïques du Portugal.

Bases	Nickel	Borique
<i>Sodium</i>	Plomb	Nitrique
<i>Calcium</i>	Cuivre	Fluorhydrique
<i>Magnésium</i>	Antimoine	Iodhydrique
<i>Fer</i>	Titane	Bromhydrique
Potassium	Rubidium	Phosphorique
Ammonium	Thallium	Arsénique
Lithium		
Baryum	Acides	Gaz
Strontium	<i>Carbonique</i>	Oxygène
Alluminium	<i>Sulfurique</i>	Azote
Cerium	<i>Chlorhydrique</i>	Acide carbonique
Manganèse	<i>Silicique</i>	Acide sulfhydrique
Zinc	<i>Sulfhydrique</i>	—
Cobalt	Sulfureux	Matières organiques

Tableau de la composition des principales catégories de sources.

Les chiffres indiquent le rang suivant l'abondance : t traces ; * présence simplement constatée pour les eaux non analysées quantitativement, et d'un rang inférieur aux autres substances pour celles qui sont analysées.

I. Sources non thermales. (Les eaux salées et les eaux ferrugineuses n'y figurent pas, sauf Coimbra.)

Agua-Santa près Caldas da Rainha.—Combinaison de l'analyse de J. Pimentel, 1858 et de celle de M. le dr. Lourenço, 1867.

Substances ne figurant pas au tableau : sulfure de sodium, 0,0029, alumine, oxyde de fer, matières organiques.

Coimbra.—Analyse de M. J. dos Santos e Silva, 1875.

Pour les substances ne figurant pas au tableau, voyez la description de cette source.

Lisbonne.—Puits dans le Tertiaire. Jardin du palais des comtes d'Almada. Analyse de M. le dr. Mastbaum, 1892.

Lisbonne.—Puits dans les alluvions. Rua dos Correeiros. Analyse de M. le dr. Emmrich, 1886 ou 1887.

Arsenal de la marine.—Analyse de M. le dr. Lourenço, 1871.

Substances ne figurant pas au tableau : sulfates de baryte et de strontiane, lithine, carbonate de manganèse, iodure et bromure de magnésie, phosphates de fer et d'ammoniaque, sulfhydrate d'ammoniaque, acide sulfureux.

II. Source thermale relative.

Cap Mondégo.—Analyse qualitative de M. Ferreira Lapa, 1886.

III. Groupes de sources thermales non en relations avec les aires tiphoniques.

Dona Clara. Alcaçarias de Lisbonne.—Analyse inédite de de M. le dr. Mastbaum, 1892.

Estoril.—Analyse de 1835.

Amieira.—Analyse de 1884.

Substances ne figurant pas au tableau : chlorures de lithium et d'ammonium (vestiges), oxydes de fer et d'alumine, 0,00071.

IV. Groupes des sources thermales des aires tiphoniques.

Caldas da Rainha.—Analyse de M. J. dos Santos e Silva, 1876. Pour les autres substances, voyez la description de ces eaux.

Fervença.—Analyse de M. J. dos Santos e Silva, 1889.

En outre : chlorure de lithium, 0,00156 ; oxyde de fer, 0,00082 ; traces de chlorure d'ammonium et de bromure de sodium.

Cucos.—Même chimiste, 1891.

En outre : chlorure d'ammonium, oxyde de fer, lithium, fluor, brome ; chlorure de potassium (Lourenço).

Les sources thermales d'Arrifana, de Monte-Real, de Maceira et de Leiria ne figurent pas au tableau, faute d'analyses quantitatives.

	I						II		III			IV		
	Agua Santa	Colimera	Lasbonne	Tertaire	Lasbonne	Alluvions	Arsenal	Mondego	Dona Clara	Estoril	Amieira	Galinas da Rainha	Ferveyça	Queos
Température.....	0,219	0,275	1,956	7,774	22,290		20°	27°6	29°	29°	34°5	28°	39°	
Total des substances fixes	t	?					1,605	0,734	3,894	0,865	3,199	2,076	3,161	
Acide sulhydrique.....							*	*	*	*	*	*	*	
Acide carbonique.....														
Azote							?	*	*	*	*	*	*	
Chlorure de sodium	1	4	2	1	2	1	*	1	2	4	5	4	1	
" de magnésium	*						*	*	*	*	*	*	*	
" de calcium.....	5		3				*	7	4	5	2	5	3	
Sulfate de chaux.....	3							3	3	8	3	3	6	
" de magnésie	4							4	4	6	7	6	2	
" de soude	*	*						3	3	6	4	2	5	
" de potasse	2	2	4					2	5	2	4	2	2	
Carbonate de chaux.....	2	1	5					8	7	3	6	6	6	
" de magnésie	*	1						8	4	3	4	2	2	
" de soude	*	5						5	5	5	6	5	5	
" de fer.....	*	3						5	5	5	5	5	5	
Azotates (soude, chaux, magnésie).....				2										
Iodures de chaux et de magnésie														
Phosphates de chaux et de magnésie														
Silice	*	*					*	6	8	7	8	7	7	

II. Eaux minérales non thermales

Ces eaux peuvent se diviser naturellement en quatre groupes :

- A. *Sources mixtes* se rattachant aux eaux potables.
- B. *Sources sulfureuses*.
- C. *Sources salées* ou *chlorurées sodiques concentrées*.
- D. *Sources ferrugineuses*.

A. Sources mixtes

Nous avons vu que l'on considère généralement une teneur de 0^{sr},5 par litre comme limite des eaux potables, et que cette même quantité est aussi considérée comme limite des eaux minérales faibles ou indifférentes.

Or les eaux dépassant cette limite sont fréquentes dans les terrains mésozoïques et tertiaires du Portugal, ce qui tient à l'abondance des strates arénacées de ces terrains. La réputation thérapeutique de quelques-unes ne provient pas de leur degré de minéralisation, mais du hasard ou du caprice¹ qui a fait examiner telle source plutôt que telle autre, ou encore, de la spéculation. Ces réputations ne sont en général pas de longue durée², ou bien elles n'existent que dans les livres, où elles se reproduisent depuis le commencement du siècle sans que personne ne songe à les contrôler ou à les utiliser. Il en est certainement de même de plusieurs des eaux potables vendues à Lisbonne comme ayant des qualités spéciales.

Les huit sources que je groupe comme sources mixtes contiennent des chlorures, des carbonates et des sulfates, du moins celles dont on connaît la composition. Une seule, Aguas-Santas, a été analysée quantitativement, elle contient moins de 0^{sr},3 de matières fixes, et retombe dans la catégorie des eaux potables.

Par contre, huit sources du Tertiaire de Lisbonne, dont M. le dr. Mastbaum a fait l'analyse, ont un résidu pesant de 0^{sr},380 à 1^{sr},956. Actuellement les auteurs ne citent plus qu'une source du Tertiaire de Lisbonne comme ayant des propriétés théra-

¹ Il est à remarquer que dans toutes les contrées où il existe une source vraiment thérapeutique, on découvre des propriétés particulières à quantité de sources du voisinage, propriétés qui sont facilement admises par un public sous l'impression des cures opérées par la source vraiment active.

² D'après Luiz Mendes de Vasconcellos, l'eau de Fonte da Pipa avait au commencement du 17^e siècle la réputation de guérir les calculs de la vessie, et celle de Pimenteira était employée contre les fièvres.

peutiques, c'est le chafariz do largo de Andaluz dont nous parlerons plus en détail.

Les puits de Lisbonne sont encore plus minéralisés¹, le maximum est de 7^{gr},774, dans la rue dos Correeiros ! Le dr. Emmrich qui avait sous les yeux des analyses d'eaux de puits provenant de quarante deux villes d'Europe, a constaté que ceux de Lisbonne et ceux de Gibraltar contiennent la plus forte proportion de chlorure de sodium et d'azotates. Je les ai fait entrer comme points de comparaison dans le tableau de la composition des eaux.

Les eaux de cette catégorie étant considérées comme thérapeutiques sont en général peu connues. On ne sait à peu près rien sur celles d'*Alvor* (Algarve) et d'*Alhandra*.

Les puits de *Chão-de-Couce* auraient une odeur d'hydrogène sulfuré, d'après le dr. A. A. da Costa Simões. Ils sont foncés dans le Triasique.

La source de *Falla*, à 3 kilomètres à l'ouest de Coïmbra, sourd probablement des sables pliocènes. Elle a été analysée qualitativement en 1790, et contient de l'acide carbonique, de l'hydrogène sulfuré, de l'oxyde de fer, des chlorures de soude et de chaux et des sulfates de chaux et de magnésie.

Je donnerai des détails sur les sources du *chafariz d'Andaluz*, de *Verride* et d'*Aguas-Santas*.

Ces deux dernières sont les seules sources de cette catégorie dont il soit actuellement fait usage.

Chafariz do largo do Andaluz

M. le dr. Lourenço mentionne ces eaux parmi les sources minérales, mais il ne donne pas leur teneur en principes fixes et se contente de dire qu'elles contiennent des chlorures de sodium et de potassium, des sulfates et des carbonates de chaux et de magnésie et de la silice², et que leur température est de 22°, celle de l'air étant de 26°.

J'ai examiné l'alimentation de cette fontaine le 26 octobre 1892 à onze heures du matin. Le réservoir se trouve à l'est de la rue de S. Sebastião da Pedreira, à plus de 160 mètres de la fontaine. Ce réservoir est alimenté par le trop plein d'un puits ouvert, auquel il est relié par une galerie pouvant avoir 200 mètres de longueur, contenant un abondant dépôt de carbonate de chaux. Cette galerie est en communication avec

¹ Dr. Rud. Emmrich, *As aguas dos poços de Lisboa* (Jornal de pharmacia e chimica, vol. 1, 1887, pag. 28, 59 et 140. Traduction d'un article paru dans : Archiv für Hygiene, du dr. Pettenkofer.

² Seulement dans le texte français.

l'air extérieur par une petite ouverture donnant dans le puits, et à l'autre extrémité par les interstices de la porte. Une ou deux petites sources naissent à l'intérieur de la galerie.

La température était de 17°,8 dans ces petites sources, de 18°,3 dans le réservoir, et de 19° au goulot de la fontaine. Cette eau n'est donc pas thermale, et les 22° que lui a trouvés M. le dr. Lourenço doivent provenir de ce qu'il a observé la température au goulot à une époque où les conduits étaient fortement échauffés par suite de leur faible profondeur relative (Voyez pag. 35).

Le bassin d'alimentation de cette source étant plus ou moins couvert d'habitations et de terres cultivées, on doit supposer que son eau doit être plutôt suspecte que thérapeutique.

En effet, l'analyse de M. le dr. Mastbaum montre qu'elle est fortement chargée de chlorure de sodium et d'azotates, quoique l'étant un peu moins que celle du jardin du palais des comtes d'Almada.

Avec son autorisation, je donne la composition de ces deux eaux qui comptent parmi les plus minéralisées des eaux du Tertiaire de Lisbonne¹.

	Largo de Andaluz — Grammes	Palais d'Almada — Grammes
Total des matières fixes à 150°.....	1,3832	1,9564
Chlorure de sodium	II. 0,3307	I. 0,6230
Chlorure de magnésium	VIII. 0,0173	—
Sulfate de chaux.....	I. 0,4141	III. 0,2506
Sulfate de magnésie	V. 0,0484	—
Carbonate de chaux.....	III. 0,2588	V. 0,1966
Carbonate de magnésie.....	VI. 0,0242	VII. 0,0071
Carbonate de fer	IX. 0,0116	non déterminé
Nitrate de soude.....	—	VI. 0,1368
Nitrate de chaux.....	—	II. 0,3274
Nitrate de magnésie	IV. 0,1831	IV. 0,2142
Silice.....	VII. 0,0220	non déterminé

Aguas-Santas

A près de 2 kilomètres à l'ouest des sources thermales de Caldas, sur le flanc nord de la vallée qui s'étend de ces dernières jusqu'à la mer, se trouve l'établissement de bains

¹ Les chiffres romains indiquent l'ordre de succession d'après la quantité des substances.

d'Agua-Santa ou Aguas-Santas, dont les eaux passent pour avoir des propriétés analogues à celles de Caldas, quoique plus faibles.

Jusqu'à ce jour, l'établissement reçoit l'eau de deux sources, mais la municipalité de Caldas en a fait acheter une troisième dont les travaux de captage étaient commencés en 1892.

La source employée dès l'origine des bains se trouve à 5 mètres au nord de l'établissement; elle est murée ainsi que son réservoir, je n'ai donc pu mesurer que la température au sortir du robinet; elle était de 19°,4 le 1^{er} août 1890. M. Miguel Capistrato de Amorim¹ qui l'a observée en 1853, alors que le captage ne consistait qu'en un petit puits, lui a trouvé 15°,8 centigrades en février et 19° en octobre, variation qui montre que cette source est superficielle.

La deuxième source est à environ 40 mètres NNE. de la première; c'est un petit puits de 0^m,50 de profondeur qui paraît avoir un débit extrêmement faible et qui subit aussi les variations de température. Je lui ai trouvé 19° dans le puits et 19°,5 dans le réservoir.

La troisième source située à 200 mètres NNE. est beaucoup plus forte que les premières et par conséquent moins sujette à des variations de température. Elle présentait 17°,5 le 1^{er} août; il n'y a donc pas lieu de parler de source thermale.

Enfin, à 150 mètres à l'est de la maison, mais à un niveau plus bas, se trouve une source qui contrairement aux autres n'a pas la réputation d'être sulfureuse. C'est un bouillon très fort qui présentait aussi 17°,5.

L'eau de ces quatre sources est limpide et m'a paru inodore, mais j'ai trouvé à toutes quatre la même saveur désagréable, un peu astringente, qui m'a rappelé les eaux des tourbières.

Ces quatre sources se font jour à travers les sables pliocènes fortement chargés d'humus. Ces sables recouvrent le Triasique qui forme la charpente des collines et se montre de places en places, par exemple au sommet de la montée de la route de Foz, à environ 700 mètres à l'ouest des bains d'Aguas-Santas. Ici ce sont des calcaires dolomitiques argileux; sur d'autres points ce sont des marnes noirâtres ou rougeâtres contenant par places beaucoup de gypse.

Une tranchée de la même route montrait des efflorescences blanches composées principalement de sulfate de magnésie et de chlorure de sodium, avec de la chaux, de l'alumine et de l'oxyde de fer.

¹ *Analyse chimica de Agua Sancta na Ribeira dos Moinhos, a pequena distancia da villa das Caldas da Rainha. Jornal da sociedade pharmaceutica lusitana, tomo iv da 2.ª serie, 1853, pag. 279.*

La minéralisation de ces eaux est très faible, elle a été trouvée de 0^{gr},2578 par Julio Pimentel¹ et de 0,219 par M. le dr. Lourenço (Voyez le tableau, pag. 40). Il y a quelques différences dans la composition reconnue par ces deux chimistes, la seule ayant de l'importance consiste dans la citation de sulfure de sodium (0^{gr},0029) par M. Pimentel. Quant à l'acide sulfhydrique, le premier parle d'*odeur peu sensible* et le deuxième de traces douteuses.

M. de Amorim cite l'acide carbonique et parle de grosses bulles de gaz s'élevant de temps en temps du fond du puits. Je n'en ai observé que fort peu à la nouvelle source, comme on en observe généralement dans les sources provenant de terrains sablonneux contenant des matières organiques.

Julio Pimentel fait remarquer que, vu sa composition, cette source ne peut pas être un rameau refroidi de celles de Caldas, opinion que l'on a émise après sa découverte, mais que c'est probablement un mélange d'eaux superficielles avec des infiltrations d'eaux sulfurées et thermales à travers les fentes du terrain.

Cette supposition n'est pas nécessaire et elle ne cadre du reste pas avec la direction opposée d'où proviennent ces sources. L'origine des matières dissoutes s'explique par la présence des sels contenus dans le Triasique et des matières organiques renfermées dans les sables pliocènes, car ces dernières décomposent les sulfates terreux avec une grande facilité, en produisant simultanément des sulfures, de l'acide sulfhydrique, des carbonates et de l'acide carbonique.

Verride

La source désignée de ce nom est située à 1 kilomètre à l'ouest de Verride, au fond d'une vallée creusée dans les strates les plus supérieures du Lias. Au point d'émergence, les strates sont inclinées normalement vers le sud-est, mais il y a une dislocation à environ 500 mètres à l'est et une autre à 1000 mètres à l'ouest.

Je n'ai vu que le bassin rempli d'eau, de sorte que je ne puis rien dire sur les griffons et leur température; l'eau du bassin avait 19° à la fin de septembre 1887. D. Antonio d'Almeida², qui l'a observée en janvier 1859, a trouvé 17°, aussi pour le

¹ *Memoria sobre as Caldas da Rainha*, pelo visconde de Villa Maior. *Annaes das sciencias e lettras da Academia real das sciencias de Lisboa*, 1858, pag. 129.

² *Analyse qualitative das aguas mineraes de Verride*. *Gazeta medica de Lisboa*, 2.^a serie, t. 1, 1859, pag. 66.

bassin. Le gardien lui a dit qu'il y a trois griffons, dont un chaud et deux froids, mais on ne peut pas en juger sans faire vider le bassin, ce qui a lieu fort rarement; on l'a essayé sans y réussir en 1891, d'après ce que me dit mon excellent ami M. Alfred Barjona de Freitas.

D. Antonio de Almeida dit que l'eau sourd verticalement, accompagnée de bulles d'acide carbonique. C'est sans doute par ouï-dire qu'il prétend que les poissons que l'on y jette meurent presque instantanément, tandis que les habitants du voisinage la boivent quotidiennement. Mr. Barjona me dit qu'il y vit de nombreuses néritines.

Sa composition ne paraît être connue que par ce qu'en a dit D. Antonio d'Almeida, qui a trouvé des chlorures, sulfates, carbonates, phosphates et de la silice, avec bases de chaux, potasse, soude, magnésie et fer.

B. Sources sulfureuses froides

Nous avons parlé dans la catégorie précédente de sources contenant de l'hydrogène sulfuré en faibles proportions: Chão-de-Couce, Falla et Aguas-Santas; les limons du Tage contiennent par contre des sources dans lesquelles ce gaz est en quantité suffisante pour être considéré comme matière caractérisante.

Deux d'entre elles sont actuellement utilisées pour les bains de S. Paulo, l'une se trouve à l'Arsenal de la marine, l'autre dans l'Abegoaria da limpeza.

Nous ferons remarquer que deux sources rangées parmi les sources thermales se rattachent aux sources froides par leur faible calorique, ce sont: la source thermale relative du cap Mondégo, ne contenant que de faibles proportions d'acide sulfhydrique, et la source fortement sulfhydriquée de Monte Real, rangée avec celles des aires tiphoniques.

Groupe des bains de S. Paulo

Les renseignements les plus anciens sur les eaux de l'Arsenal sont dus au dr. B. A. Gomes et à A. P. Cardoso¹. En 1829, en creusant des fondations à l'extrémité méridionale de l'arcade occidentale de la place du Commerce, on rencontra une source abondante qui fut captée au moyen d'une maçonnerie en forme de puits carré, ouvert du côté de la mer.

¹ *Exame da agua sulfurea do Arsenal da marinha*. Jornal da Sociedade de ciencias medicas de Lisboa, t. II, 1835, pag. 161 e 218.

Ce puits a 7^m,25 de profondeur ; il est creusé à sa partie supérieure dans un terrain de décombres fortement salé, reposant sur du limon « lequel repose *probablement* sur du sable, comme c'est généralement le cas pour les rives des fleuves ».

Cet article date de 1835 ; la même année, les mêmes auteurs publièrent un autre article, formant la continuation du premier, dans lequel ils disent que la construction du mur précité a fait apparaître la source au milieu de la plage, devant le quai dénommé « da Areia ».

Le quai « da Areia » se trouve actuellement au largo da Fundação, à 1200 mètres à l'est de la fondation dans laquelle la source avait apparu, et des renseignements pris auprès de personnes fort compétentes concordent tous pour affirmer qu'à cette époque, ce quai se trouvait déjà au même point. Il y a donc erreur manifeste de la part des rapporteurs de 1835, soit qu'ils se soient trompés quant au nom du quai, soit qu'ils aient rapporté aux travaux précités l'apparition d'une source n'ayant absolument pas affaire avec celle de l' Arsenal de la marine.

Si les sources du largo da Fundação ont apparu en 1829, la coïncidence est un pur hasard, car elles appartiennent au groupe des Alcaçarias, dont elles se sont détachées en traversant les remblais. Leur composition chimique et la position des sources qui les séparent de celle de l' Arsenal, prouvent qu'il n'y a aucun rapport entre ces deux groupes.

Un rapport de 1845¹ parle de deux puits, l'un à l' Arsenal et l'autre près d'un des arcs de la place du Commerce. Ce puits est bien reconnaissable, près du cinquième arc du sud au nord ; il est couvert par une pierre ronde avec anneau de fer. Ce rapport dit que l'eau de ce dernier puits a des propriétés plus sensibles que celles de l'autre.

Ces observateurs constatent que le niveau de l'eau dans le puits varie suivant les marées, et que la composition de l'eau varie suivant les marées et suivant les saisons. M. le dr. Lourenço est d'accord avec ces observations, et admet aussi un mélange d'eau sulfureuse et d'eau de mer, ce qui du reste est prouvé par sa composition.

En 1867, il dit que le résidu fixe varie entre 26^{gr},30 et 28^{gr},21 par 1000 grammes d'eau, tandis qu'en 1871² il a trouvé un résidu de 22^{gr},29. Dans ce résidu, le sel marin entre pour

¹ Jornal da Sociedade das ciencias medicas de Lisboa, t. xxii, pag. 198.

² A. V. Lourenço, *Algumas informações sobre as aguas sulfureas salinas do Arsenal da marinha de Lisboa*. Lisboa, 1889.

17^{gr},141, mais ce qui les caractérise tout particulièrement est la présence d'une forte quantité d'hydrogène sulfuré. En 1867 M. le dr. Lourenço dit qu'elle varie de 0^{gr},021 à 0^{gr},043; en 1871 il a trouvé 0^{gr},0808, dont $\frac{1}{8}$ environ est combiné à l'ammoniaque (Voir le tableau p. 38 et 40).

Les rapporteurs de 1845 nous disent qu'ils ont trouvé une température moyenne de 18°,2 centigrades, et que l'on peut les considérer comme ayant plus ou moins la température de l'air ambiant.

Le dr. Rotureau¹, qui les a examinées en septembre 1862, dit qu'elles ont 30°, et plus loin qu'elles ont 20°,5 à marée montante. Le dr. Lourenço, dont les températures relatives aux eaux de Lisbonne sont toutes plus élevées que celles des autres observateurs, donne 22°,5, tout en les qualifiant de froides, et m'a affirmé verbalement que leur température varie avec les marées.

Il est incontestable que l'indication si différente du dr. Rotureau provient soit d'une faute d'impression, soit d'une confusion avec les notes qu'il a prises, probablement le même jour, aux sources thermales des Alcaçarias, car les rapports postérieurs à celui de 1835 ne parlent pas de la température, ce qui prouve qu'ils sont d'accord avec le premier rapport, considérant la température de la source comme variant avec celle de l'air.

Un troisième puits d'eau sulfureuse est situé dans la cour de l'Abegoaria da limpeza, à 900 mètres à l'est du premier. Sa profondeur est de 5^m,10, soit d'environ 1^m,70 au dessous du niveau moyen des eaux du Tage. Il est aussi exploité pour les bains de S. Paulo.

M. F. da Costa Felix dit, en 1877, que ses eaux ont à peu près la même composition que celles de l'Arsenal de la marine et qu'elles compteraient parmi les plus riches en acide sulfhydrique (0^{gr},073938), si cette proportion se maintient. J'ai pu constater en novembre 1892 que l'odeur est fortement prononcée, surtout lorsqu'on remue le fond.

Comme température, j'ai trouvé 19°,4, mais je la crois un peu influencée par la proximité des fours de la fabrique de gaz², car le même jour, un puits au n° 136 de la rue de S. Paulo ne m'a donné que 19°, quoique se trouvant à peu près dans les mêmes conditions. Sa profondeur est de 6^m,30, soit

¹ *Des principales eaux minérales de l'Europe*, vol. III. Paris, 1864, pag. 239.

² L'eau extraite du terrain contigu aux fours présente une température de 40°

3^m,20 au-dessous du niveau moyen du Tage, son eau est saline, mais non sulfureuse.

Je ne connais pas l'épaisseur du limon à Abegoaria da limpeza, elle est certainement fort loin d'atteindre celle de la place du Commerce, ce que l'on peut déduire *a priori* de l'inégalité des thalweg qui aboutissent à ces deux points. Un sondage effectué dans le terrain de la fabrique de gaz, à moins de 100 mètres du puits d'Abegoaria, a montré le limon jusqu'à la profondeur de 7 mètres au-dessous du niveau de la rue, puis des graviers contenant des coquilles marines et des débris de tuiles et d'azulejos. Ces graviers ont été traversés sur une épaisseur d'environ 3 mètres, mais on ne sait pas ce qui est au-dessous; il se peut donc que ce soient d'autres couches de limon, comme c'est le cas à l'emplacement de la fabrique de glace d'Alcantara¹.

D'après ce qui m'a été affirmé, ces trois puits ne sont pas les seuls qui donnent de l'eau sulfureuse. Il y en aurait eu un autre, actuellement comblé, dans le terrain de la fabrique de gaz, contigu à la cour de l'Abegoaria, et on l'aurait aussi rencontrée au quai de Sodrê et au milieu de la place du Commerce en creusant les fondations de la statue de D. José. On m'a dit en outre que les puits situés au sud de la rue de S. Paulo sont tous plus ou moins sulfureux, tandis que ceux du côté nord de cette rue sont salins mais non sulfureux.

Cette dernière affirmation est confirmée par l'examen de l'eau des puits du n° 136 de la rue de S. Paulo et du n° 84 de la rue de l'Arsenal, dans lesquels M. Mastbaum n'a pas trouvé de traces d'hydrogène sulfuré.

Avant d'examiner les déductions que l'on peut tirer de ce qui précède, il est bon d'examiner deux hypothèses qui ont été émises sur l'origine de ces eaux.

1.^o *Eaux profondes naissant sur une ligne de dislocation analogue à la ligne d'émergence des eaux thermales des Alcaçarias.*

Cette hypothèse ne peut pas résister à l'examen des sondages effectués pour les études du port de Lisbonne, et pour l'établissement des pontons de l'embarcadère du chemin de fer du sud et de l'Arsenal de la marine.

Tous les sondages situés à l'est du ponton de cet arsenal ont donné de l'eau ascendante, provenant d'une couche de sable tertiaire, comprise entre l'ancien limon du Tage, et une couche d'argile tertiaire. Cette eau ne remontait en général que jusqu'au niveau du fleuve, et a été utilisée sur trois points où ses propriétés peuvent être étudiées.

L'un est le puits du Jardim do Tabaco, dont l'eau est ther-

¹ Voir: Choffat, *Tunnel du Rocio*, pag. 80.

male, comme nous le verrons en parlant du groupe des Alcaçarias, auquel il appartient.

Les deux autres sont situés aux pontons des vapeurs de Barreiro et de l'Arsenal de la marine, séparés l'un de l'autre par une ligne d'une centaine de mètres, parallèle à la rive du Tage.

L'eau en est froide, 17°,4 en octobre 1892 et en janvier 1893; elle présente une saveur un peu astringente, mais n'a ni le goût ni l'odeur d'hydrogène sulfuré. Elle n'en contient du reste pas de traces d'après ce que m'affirme M. le dr. Mastbaum qui a bien voulu l'examiner.

Il est évident que l'on n'a pas affaire à une nappe d'eau courant dans le sens du Tage, mais au contraire à des eaux courant vers le Tage et s'étant infiltrées dans les couches tertiaires inférieures au limon.

Les eaux ascendantes des Alcaçarias se mélangent naturellement à l'eau des couches perméables qu'elles traversent, ce qui nous explique pourquoi l'eau du puits du Jardim do Tabaco est thermale, tandis que la température basse et l'absence d'hydrogène sulfuré dans l'eau des pontons précités, est une preuve que la couche dont elles provient n'est pas traversée par une eau ascendante thermale ou sulfureuse.

La profondeur à laquelle ces eaux apparaissent amène aux mêmes conclusions. L'eau sulfureuse de l'Arsenal a apparu à 7^m,25 au-dessous du sol, entre un terrain de décombres et le limon. Or, le sondage du ponton a traversé 25 mètres de limon avant d'atteindre les strates tertiaires¹, et le sondage n.º 36 des études du port, qui se trouve à environ 100 mètres plus au sud, a rencontré 33 mètres de limon.

2.º *Eaux profondes naissant dans la colline de S. Jorge.*

Les auteurs du rapport de 1835, se basant sur la tradition de l'existence d'un puits à eau sulfureuse, découvert lors de la construction des maisons formant le coin méridional de la rue da Prata avec la rue dos Retrozeiros², et en outre sur les restes de conduites allant depuis cette dernière rue en direction de la place da Magdalena, et sur les restes de bains romains, ayant existé au lieu dit Pedras Negras, émettent l'hypothèse que les eaux sulfureuses de l'Arsenal sont les mêmes qui alimentaient les thermes romains de Pedras Negras.

¹ Le Tertiaire a en outre été perforé sur une profondeur de 10 mètres (Communication de M. Antonio Cassiano Marques, ingénieur naval).

Le sondage du ponton des vapeurs du chemin de fer du sud atteindrait 38 mètres au-dessous de la surface de l'eau.

² M. le dr. Mastbaum qui a analysé l'eau des puits de ces environs n'y a pas trouvé d'hydrogène sulfuré.

La source qui alimentait ces thermes a été découverte en 1771 ou 1772, elle jaillissait dans un puits qui actuellement se trouverait au-dessous d'un escalier intérieur du palais du comte de Penafiel. Le chroniqueur D. Thomas Caetano de Bem¹ dit que ces eaux étaient tièdes, sans rien ajouter sur leurs propriétés. Or, si cette eau était celle qui se trouve à l' Arsenal, les personnes qui l'ont vue et qui l'ont trouvée tiède, auraient incontestablement été impressionnées par son odeur, qui aurait été beaucoup plus forte qu'à l' Arsenal, vu la proximité du point d'émergence.

En outre, il ressort d'un mémoire écrit en 1859 par F. M. d'Andrade, et publié en 1889 dans la *Revista archeologica*, vol. III, pag. 23, que la source de Pedras Negras ne pouvait pas alimenter les bains de la rue da Prata. Cette hypothèse n'est donc pas fondée; les auteurs du rapport de 1835 ne la donnent du reste que comme une simple supposition, et ajoutent que, quand bien même cette eau naîtrait à Pedras Negras, il serait possible qu'elle n'acquière ses propriétés sulfureuses qu'en traversant le terrain avoisinant la place du Commerce.

L'hypothèse d'une eau venant des profondeurs étant éliminée, il nous reste à examiner sa position dans les couches alluviales.

Nous remarquerons d'abord que les apparitions d'eaux sulfureuses bien constatées *se trouvent sur une ligne à peu près parallèle à la rive droite du Tage et en étant fort rapprochée, commençant au thalweg du Rocio, et atteignant presque le thalweg de la rue de S. Bento*, ce qui correspond exactement à la distance sur laquelle les sondages de la ligne extérieure des quais projetés ont rencontré *la plus grande épaisseur de limon, généralement plus de 30 mètres.*

Si nous considérons la surface du terrain comme étant de 3 mètres au-dessus de la hauteur moyenne des eaux du Tage, la profondeur au-dessous de cette surface est d'environ 7 mètres pour le puits de la place du Commerce et de 4^m,70 pour celui de l'Abegoaria.

Au premier point, cette épaisseur n'est que le tiers de l'épaisseur totale de la couche de limon, qui est moins épaisse au deuxième.

En arrière de la ligne de puits à eau sulfureuse se trouve une ligne de puits foncés dans les mêmes alluvions, mais dont l'eau est plus ou moins saline, sans être sulfureuse. Celui du

¹ M. le dr. Leite de Vasconcellos a eu l'obligeance de me faire savoir que le manuscrit de T. Caetano de Bem porte un permis d'imprimer en date du 17 mai 1790.

n° 136 de la rue de S. Paulo, que j'ai déjà mentionné, a actuellement une profondeur de 6^m.20 au-dessous de la cote 3, mais il est probable que sa profondeur réelle est diminuée par suite de l'accumulation du limon.

Dans la partie septentrionale du terrain de la fabrique de gaz à Boa Vista, on découvrit une source abondante d'eau potable qui à ce que l'on me dit se trouverait à une faible profondeur, et serait captée par la compagnie des eaux.

Il serait fort intéressant de délimiter l'aire de ces dégagements d'acide sulfhydrique et de constater s'ils sont liés à une ou plusieurs lentilles de gravier, intercalées dans le limon et servant de gazomètres, mais pour le moment nous devons nous borner à ce qui est connu.

Nous savons déjà que ce sont les eaux du Tage qui fournissent la forte salure de ces eaux minérales, et que leur concentration varie selon les marées. Le rapport de 1845 nous dit qu'elle varie aussi selon les saisons, ce qui prouve qu'à l'eau du Tage se mêlent des eaux douces venant des collines de Lisbonne.

Lorsque ces eaux des collines sont assez fortes pour former un ruisseau souterrain, elles peuvent avoir un certain parcours sans se mélanger aux eaux phréatiques, salines, des alluvions. C'est ainsi que s'explique la source d'eau douce de la fabrique de gaz.

Il ne reste donc plus à expliquer que le point principal, l'origine de l'acide sulfhydrique. Or ce cas n'est pas isolé, ce gaz se dégage de toutes les boues des grandes villes et des limons des ports, en particulier des limons du port de Marseille.

Reste à savoir si dans le cas présent, ce dégagement a lieu uniquement aux dépens des limons anciens, ou bien si les déjections des égouts actuels entrent en ligne de compte.

C. Sources salées ou chlorurées sodiques concentrées

Cinq sources ou groupes de sources sont à rapporter à cette catégorie. Ce sont : *Marinha do Sal*, près de Rio Maior, *Branças*, près de Batalha, *Porto Moniz*, près de Leiria, *Roliça*, près d'Obidos, et *Fonte-Salgada*, près de Tavira.

La première seule est utilisée actuellement pour l'extraction du sel de cuisine, mais les deux suivantes l'auraient aussi été, jadis, d'après la tradition. La quatrième est moins salée, et je ne connais pas la cinquième.

Ces cinq sources sourdent du complexe grés-marneux qui

représente l'Infralias et une partie du Triasique, et sont dans le voisinage plus ou moins immédiat de masses éruptives.

Ces eaux ne paraissent pas avoir été analysées, je crois même que l'on ne connaît pas leur teneur en matières fixes, laquelle doit être fort élevée pour la source de Rio-Maior.

J'ai récolté des efflorescences déposées autour de la principale source de Brancas et de celle de Roliça. Leur solution dans l'eau contient, d'après M. Mastbaum, beaucoup de chlorure de sodium et peu de sulfates de magnésie et de chaux.

Dans le dernier chapitre, on trouvera des considérations sur la distribution et l'origine du chlorure de sodium.

Voici quelques détails sur ces sources :

Celle de *Marinha do Sal*, à 3 kilomètres de Rio-Maior, sourd à 300 mètres au sud du pointement de teschenite de Fonte da Bica.

Depuis des temps très reculés, on y exploite le sel, en tirant l'eau d'un puits, et en la répandant dans de petits bassins où l'évaporation demande de quatre à six jours, d'après Tavares.

Dans sa description des salines du Portugal, Constantino Botelho de Lacerda Lobo¹ ne mentionne pas celle de Rio Maior; il parle par contre de son sel (pag. 239 et 248) qu'il considère supérieur à celui des autres salines, parce qu'il contient moins de chlorures de magnésie et de chaux.

En 1881, j'ai vu de 100 à 150 ouvriers travaillant à cette exploitation, qui dure de juillet à fin septembre.

Il y a environ trois cents bassins, qui appartiennent à une cinquantaine de patrons, de sorte qu'il est bien difficile de se rendre compte de l'extraction annuelle. Ce sel est transporté à dos de mulets dans des localités plus ou moins éloignées, et son prix est toujours un peu plus élevé que celui du sel marin. Il est en cristaux un peu plus petits que ceux de ce dernier, et se reconnaît facilement à sa couleur rosée.

Le puits est creusé dans les marnes infraliasiques, à peu près verticales, recouvertes d'une légère couche de graviers superficiels. En septembre 1881, la surface de l'eau était à une profondeur de 3 mètres, mais elle est généralement plus basse.

Tavares dit que dans le voisinage se trouve une grande plaine appartenant au monastère d'Alcobaça et dans laquelle on aurait aussi extrait du sel, d'après la tradition.

¹ *Memoria sobre as marinhas de Portugal et Analyse do sal commum das marinhas de Portugal*. Memorias economicas da Academia real das sciencias, vol. iv, 1812. p. 239

Branças, près Batalha.—Tavares parle de trois sources salées se trouvant au sud de Branças, au bord du chemin de Batalha à Porto-de-Moz, et dont on extrayait anciennement du sel.

En novembre 1891, je n'en ai vu qu'une, probablement la plus méridionale de celles que cite Tavares, et les habitants du pays m'ont dit n'en pas connaître d'autres. Ils me dirent par contre qu'il y en avait anciennement une sur l'autre rive de la Lena.

La source actuelle est plus près de Cellas de Baixo que de Branças; elle se trouve sur le bord de l'aire tiphonique et paraît même un peu en dedans des grès du Malm. Elle n'avait presque pas d'écoulement, était moyennement salée, mais les bords du petit bassin étaient couverts d'une efflorescence blanche, pulvérulente, dont j'ai déjà indiqué la composition.

Roliça.— Au pied oriental du massif d'ophite de Roliça (5 kilomètres au sud d'Obidos), au bord d'un chemin, à environ 500 mètres de la gare de S. Mamede, se trouve une source dite salée. Au mois d'août 1890, c'était une mare sans écoulement apparent, entourée de vase couverte d'efflorescences blanches, dont j'ai donné la composition.

Le goût de l'eau était peu accentué.

D'après Tavares, on aurait extrait du sel d'une source située dans la quinta de *Porto Moniz*, près de Leiria, au pied d'un monticule nommé Covêlos.

Je ne connais pas cette source, mais le lieu dit se trouve au milieu des marnes et dolomies de l'Infalias, à environ 500 mètres d'un dôme d'ophite.

Algarve.— Mon savant ami, M. Gonçalves Guimarães me fait part de la présence d'une source salée nommée *Fonte-Salgada*, émergeant dans les grès du Trias ou de l'Infalias, à 4 kilomètres de Tavira.

D. Sources ferrugineuses

Les sources ferrugineuses sont tellement nombreuses qu'il serait impossible de les énumérer toutes, ce qui tient au grand développement des assises arénacées contenant des pyrites intercalées dans des assises peu perméables.

Le sel de fer est rarement le principe dominant, mais il est généralement tellement saillant que le public le moins instruit désigne ces eaux comme ferrugineuses. Ce qui frappe surtout

est le goût astringent qu'elles présentent lorsque le fer est à l'état de sulfate, et les taches de rouille qu'elles laissent sur leur passage.

Ces sources ferrugineuses se trouvent dans tous les terrains arénacés, quel que soit leur âge. Je ne cite que celles qui ont principalement attiré l'attention des médecins.

Triasique. — Chão-de-Couce (Furadouro et Rascoia).

Lias. — Coimbra.

Jurassique supérieur. — S. Braz d'Alportel (Algarve).

Jurassique, ou Crétacique inférieur. — Pero-Moniz (Cadaval).

Crétacique. — Torres-Vedras (Chafariz, quinta das Lapas, etc.).

Bellas (Bom-Jardim, Wimmer, Valle de Lobos, Venda-Secca, etc.)

Caneças (Fontainhas, à 200 mètres de la localité, Fontaine de Caneças, Camara, Camarões, etc.).

Montachique (Estrada et Sardinha).

Cette liste ferait supposer que ces sources se trouvent presque exclusivement dans le Crétacique, ce qui est faux; elles sont tellement fréquentes, qu'on n'y fait pas attention. En ce moment, je ne me souviens que de trois exemples dans le Tertiaire, l'un dans le Tertiaire marin, près de Costa-de-Caparica, un autre dans les graviers pliocènes d'Alfeite et le troisième dans les grès pliocènes de Caramancha, à environ 4500 mètres au sud-est de la station d'Alfarellos.

Je n'en connais que sept qui aient été analysées, et ces analyses, faites par la *Sociedade pharmaceutica lusitana*, datent de 1838 et de 1842.

Les eaux analysées sont toutes du Crétacique inférieur ou moyen des environs de Lisbonne; leur minéralisation est faible, deux seulement atteignent 1 gramme par litre.

Je reproduis ces analyses en indiquant la totalité des matières fixes par litre, et en représentant les différentes substances par le rang que leur assigne leur poids.

	Température (°c)	Matières fixes Grammes	Acide carbonique	Carbonate de fer	Sulfate de fer	Sulfate de chaux	Sulfate de magnésie	Sulfate d'alumine	Chlorure de calcium	Chlorure de magnésium
Venda-Secca (Jancoas), 1842... ..	15 ^o ,4	1,516	*	.	1	4	.	.	2	3
Camara (Caneças), 1838.....	15 ^o ,2	0,770	*	.	2	1	4	.	3	.
Estrada (Montachique), 1838.....	-	0,560	.	.	2	1	.	3	4	.
Sardinha (Montachique), 1838.....	-	0,188	.	1	.	2	.	.	3	3
Valle de Lobos (Bellas), 1842.....	13 ^o ,8	0,194	*	2	.	1	.	.	3	4
Bretão de baixo (Caneças), 1842....	16 ^o ,8	0,190	*	2	.	1	.	.	4	3
Camarões (Caneças), 1842.....	16 ^o ,6	1,601	*	4	.	3	.	.	1	2

(a) Ces températures ont été observées les 29 novembre, 3 et 4 décembre 1892 par M. le dr. Schindler, qui a en outre constaté que la qualité du sel de fer de ces cinq sources est encore la même qu'à l'époque de l'analyse. En outre M. Schindler a observé que la source ferrugineuse de la propriété Wimmer, à Bellas, est carbonatée, sa température était de 14°, 6 le 4 décembre 1892.

Les analyses indiquent en outre de l'oxygène, de l'azote dans cinq sources, et des matières organiques dans deux.

Nous voyons que le numéro d'ordre du fer est fort variable et que c'est en général le sulfate de chaux qui se trouve en plus grande abondance. Le minimum est à Valle-de-Lobos 0^{gr},040 et le maximum à Venda-Secca 1^{gr},050.

Le sulfate de chaux provient peut-être dans quelques cas de la dissolution directe du gypse, mais dans la plupart des cas, si non dans tous, il provient de la décomposition des pyrites, qui donne d'abord du sulfate de fer, lequel est décomposé par les carbonates de chaux et de magnésie avec production d'acide carbonique, que l'on rencontre dans ces sources, soit libre, soit à l'état de bicarbonate de fer.

Bien entendu qu'une partie de l'acide carbonique peut aussi provenir de l'oxydation des matières organiques contenues dans les grès.

Les pyrites ne sont pas distribuées uniformément dans les grès crétaciques; elles y constituent des nodules soit isolés, soit rassemblés en amas, ou bien localisés dans certaines couches. De là vient que l'on voit souvent une source ferrugineuse à peu de distance d'une source d'eau pure.

Maфра.— Les grès crétaciques de la Tapada de Maфра donnent naissance à une source qui avait jadis la réputation d'être ferrugineuse. Une analyse de 1842¹ prétend que c'est de l'eau

¹ Jornal da Sociedade pharmaceutica lusitana, tomo III, pag. 213.

potable ne contenant que des traces de bicarbonate de fer, tandis qu'une analyse de 1845, citée par M. A. L. Lopes, dit qu'elle contient beaucoup d'acide carbonique, libre et combiné avec de la chaux et d'autres bases.

Au point de vue géologique, cette source appartient à la même catégorie que les précédentes. Sa pauvreté actuelle en fer s'explique par l'épuisement des pyrites qui le lui fournissaient jadis, dans quel cas on doit admettre que l'acide carbonique provient de l'oxydation des matières organiques, ce qui n'a rien de surprenant, car ce fait est bien démontré, et les bois fossiles sont fréquents dans les grès.

La source de *Coimbra* présente un type différent; des chlorures et des sulfates alcalins remplacent les sels terreux des sources du Crétacique.

Elle a donné lieu à une analyse complète par M. J. dos Santos e Silva, en 1875. On trouvera l'ordre de succession au tableau pag. 40. Elle contient en outre du chlorure de potassium, du phosphate de soude, du carbonate de manganèse, de l'alumine et des matières organiques.

D'après une communication obligeante de M. le professeur Gonçalves Guimarães, cette source, qui est située au lieu dit *Cerieiro*, correspond à la base des calcaires du Lias inférieur.

Le fer est à l'état de bicarbonate, 0^{gr},07354. La prédominance de la magnésie s'explique par la forte quantité de cette substance contenue dans les calcaires dolomitiques du Lias inférieur.

Il est possible que la source de *Falla* soit aussi à ranger dans cette catégorie.

III. Eaux thermales

Les sources thermales relatives sont rares dans les régions mésozoïques du Portugal, ou du moins on en connaît peu, grâce à ce que le peu de hauteur relative des montagnes ne leur permet pas d'acquérir une température attirant l'attention.

Les autres sources thermales de ces régions appartiennent à deux catégories bien distinctes, suivant qu'elles sont ou non en relation avec les aires tiphoniques¹. Sauf trois, elles se

¹ En 1882 (*Bull. soc. géol. de France*, t. x.) j'ai proposé la dénomination de vallées ou aires tiphoniques pour un cas géognostique fréquent en Portugal et dans d'autres parties de la Péninsule.

Il consiste en des surfaces plus ou moins étendues, formées par les ro-

présentent toutes par groupes de griffons, parfois fort espacés les uns des autres (Caldas).

La liste qui suit indique leur position géographique en procédant du sud au nord; celles qui sont reliées aux aires tiphoniques sont imprimées en italiques.

Algarve: Olheiros et Tavira.

Groupe des Alcaçarias (Lisbonne).

» de Cascaes.

» *Cucos* (Torres Vedras).

» *Maceira* (Vimeiro).

» *Caldas* (quatre sous-groupes entre S. Mamede et Caldas).

» *Ferrença* (Alcobaça).

» *Leiria*.

Source de *Monte-Real*.

Groupe de Amicira.

» de Arrifana.

Source du cap Mondégo.

» de Montemór-o-Velho.

Dans leur examen, nous suivrons l'ordre tracé par leurs affinités géologiques, en procédant des plus simples aux plus compliquées.

On connaît la composition de neuf de ces eaux, elles ont toutes le chlorure de sodium comme substance prépondérante, sauf l'eau du cap Mondégo qui serait chlorurée calcique.

Comme remarque particulière, nous dirons que les eaux de Tavira, et probablement celles de Leiria et d'Arrifana, ont une minéralisation faible. Celles de Caldas, de Monte-Real, du cap Mondégo et de Montemór (?) sont sulphydriquées et celles des Alcaçarias sont azotées.

Après l'examen de chaque groupe, je dirai quelques mots sur l'origine probable de son caractère, en laissant pour les conclusions générales l'exposé des raisons qui me portent à en exclure l'origine volcanique.

ches de l'Infralias et du Triasique fortement plissées, relevées jusqu'à la verticale, ou la dépassant même, et entourées de collines formées par des strates beaucoup plus récentes, généralement de Jurassique supérieur, plongeant sur tout le pourtour en dehors de la vallée, sans qu'il y ait interposition des strates qui devraient normalement se trouver entre l'Infralias et les strates encaissantes. Dans le but de simplification, je désignerai les terrains formant le sol de l'aire sous le nom de Triasique, quoique la majeure partie des roches affleurant appartienne généralement à l'Infralias.

A. Sources thermales n'étant pas en relation avec les aires tiphoniques

Sur les huit sources ou groupes de sources qui rentrent dans cette catégorie, il en est trois dont les conditions géologiques et chimiques sont pour ainsi dire inconnues. Ce sont les sources d'*Olheiros* et de *Tavira* en Algarve et la source de *Monte-mór-o-Velho*.

Les autres se groupent de la manière suivante :

Calorique provenant simplement du massif surmontant le point d'émergence.— Source du cap Mondégo.

Provenance analogue avec pli des strates formant siphon.— Groupe de Cascaes.

Sources alignées suivant une dislocation du sol au bord d'un estuaire.— Groupes d'Amieira et d'Alcaçarias (Lisbonne).

Sources sur une dislocation probablement reliée à une aire tiphonique.— Groupe d'Arrifana.

Algarve

Je n'ai pas observé les sources de l'Algarve réputées thermales, et c'est avec doute que je les place parmi les sources thermales.

Olheiros.— D'après M. A. L. Lopes, *Olheiros* serait un petit hameau (logarejo) entre Fuzeta et Taboira, à 100 mètres des deux localités, au bord de l'embranchement reliant Fuzeta à la route royale. A ce point se trouverait une source thermique laiteuse, inodore.

Il y a évidemment erreur de distances, car Fuzeta et Taboira sont distants de près de 1500 mètres.

En suivant l'embranchement de Fuzeta, j'ai vu une source abondante occupée par des blanchisseuses et dans laquelle se baignaient des enfants; elle sourd des calcaires du Crétacique inférieur. Mon attention n'avait pas été attirée sur cette source et le travail que j'avais à faire me prenait tout mon temps, de sorte que je ne l'ai pas examinée.

João Baptista da Silva Lopes¹ et Ch. Bonnet² ne la mentionnent pas. Le premier dit que les habitants de Fuzeta boivent de l'eau saumâtre provenant de trois puits.

Tavira.— Tavares donne une description des sources de

¹ *Corografia do Reino do Algarve*. Lisboa, 1841.

² *Description géographique et géologique de l'Algarve*. Lisbonne, 1850.

Tavira et les auteurs qui en ont parlé n'y ont rien ajouté, sauf le dr. Lourenço qui en a fait l'analyse sans avoir vu les sources.

Il y aurait deux groupes, ayant une température de 78° Fahrenheit, soit 25°5 centigrades.

L'un (Santo Antonio) sourd au sud de la ville, d'une roche calcaire, l'autre dans la ville même.

Le dr. Lourenço a trouvé un résidu de 0^{gr},490 par 1000 grammes d'eau de Santo Antonio, ce sont des sulfates et des chlorures alcalins, des carbonates de chaux et de magnésic, de la silice et de petites quantités de fer et d'alumine. Bonnet dit que sa saveur piquante provient de l'acide carbonique ¹.

Comme on le voit, sa thermalité et sa minéralisation sont bien faibles.

Les calcaires du Jurassique supérieur sont visibles à la partie septentrionale de Tavira. Au sud de la ville, on ne voit qu'une molasse tertiaire peu consistante; il est probable que le calcaire dont parle Tavares est le calcaire jurassique.

Montemór-o-Velho

M. F. da Costa Felix rapporte qu'en 1850, on découvrit à nouveau une source thermale sulfureuse déjà connue des Arabes ou des Romains. Elle se trouverait au lieu dit Caldas.

Je ne connais pas la position de cette source et puis seulement ajouter que Montemór est construit sur un affleurement de Lias dirigé NNE., ayant environ 300 mètres de largeur à Montemór et limité de chaque côté par une faille.

Cap Mondégo

Cette source nous montre le cas le plus simple que présentent les sources thermales, celui où l'eau pénètre dans une montagne et sourd à son pied après avoir pris une température correspondant à la différence d'altitude. Cette dernière étant faible, la chaleur acquise l'est aussi et ce n'est que comme exemple théorique que je cite cette source parmi les sources thermales, d'autant plus que l'on n'a qu'une seule observation de sa température.

¹ Il y aurait à examiner si cette saveur piquante ne provient pas d'azotates. On voit souvent le public estimer particulièrement l'eau de sources contenant des azotates, par suite de l'impression de fraîcheur produite par ces sels. Ce cas présente à Lisbonne et dans beaucoup d'autres villes.

Son point d'émergence se trouve à l'intérieur d'une galerie de mine et l'on ne sait pas où elle sourdait avant l'ouverture de cette galerie.

Cette source, que je ne connais pas de visu, a été étudiée sur place par M. le dr. Gaspar Gomes¹. Elle se trouve à 1200 mètres de la tête de la galerie et tombe du toit par plusieurs ouvertures, son débit quotidien étant de 129600 litres.

En août de 1886, sa température dans le petit réservoir était de 20° et celle de l'air de la galerie de 25°.

Le point d'émergence est à 30 mètres d'altitude et la surface du sol à un minimum de 200 mètres. La température de Coimbra étant de 14°,68 à 140 mètres, celle de l'air au cap Mondego, à 200 mètres, sera environ 14°,5 + ou - 1° (à cause du voisinage de la mer) et la constante à 20 mètres, de 16°,5. La température à 170 mètres sous la surface (200 mètres - 30) serait donc de 21°,5 + ou - 1°, si l'on n'avait pas à tenir compte d'une diminution par suite de l'influence des versants. D'un autre côté, la température de l'eau est inférieure à la température du terrain et ce chiffre doit encore supporter une réduction par suite de l'évaporation de l'eau tombant de la voûte dans le petit réservoir.

Cet exemple concorde donc avec les règles énoncées plus haut, et cette source est pour le géologue une source thermique relative, tandis que le médecin la rangera parmi les sources froides.

Quant à l'élévation de la température de l'air dans la mine, elle provient certainement de l'air entraîné du dehors par le va et vient des wagonnets.

Sa composition chimique n'est connue que par une analyse sommaire; son résidu par litre est de 1^{er},605 et serait composé de silice, de chlorures de calcium et de magnésium en grande quantité et de chlorures alcalins. Il y aurait en outre de l'acide sulfhydrique, combiné et libre (Ferreira Lapa).

Il est fort surprenant que ces eaux ne contiennent pas de sulfates de fer et de chaux, car elles sourdent du complexe carbonneux du Jurassique supérieur, dans lequel les pyrites ne font malheureusement pas faute!

¹ *Agua sulfurosa do Cabo Mondego* (Jornal das sciencias mathematicas, physicas e naturaes da Academia real das sciencias de Lisboa, Lisboa, 1887, pag. 1).

Groupe de Cascaes

(Pl. I, fig. 1)

Le dr. Lourenço et les ouvrages plus récents parlent de deux sources thermales, Estoril et Poça, et d'une troisième source, froide et moins minéralisée, Santo Antonio.

Ces trois sources sourdent du Crétacique; leurs positions forment un triangle dont la base, dirigée ONO. à ESE. a environ 750 mètres de longueur et est formée par une ligne reliant la source de Santo Antonio à celle de Poça; la source d'Estoril se trouvant un peu plus au nord, à 450 mètres de Poça et à 400 mètres de Santo Antonio.

La source de Santo Antonio sourd à peu près du milieu des grès du Crétacique moyen, les deux autres étant situées plus à l'est sourdent de strates plus récentes, celle d'Estoril vers la partie supérieure des grès, et celle de Poça des calcaires qui les surmontent.

La source d'Estoril est captée sur le flanc gauche du thalweg qui aboutit entre le fortin da Cruz et celui de Santo Antonio, dans une cour entourée de trois côtés par des habitations de baigneurs; ce point est à environ 400 mètres du rivage et à 10 mètres d'altitude.

Le puits de captage est rond et a environ 2 mètres de diamètre et 2^m,50 de profondeur; il est fermé au niveau du sol par une dalle cimentée.

Je l'ai visité le 24 septembre 1892; l'eau atteignait environ 0^m,50 au-dessus du fond, elle sourd de haut en bas de deux ou trois points d'où l'on voyait se dégager des bulles de gaz peu abondantes et peu volumineuses, mais se succédant assez régulièrement.

La température au fond de l'eau était de 29° (corrigé). Tavares (1810) indique 28°,8.

Une description de 1835¹ dit que la source était au NE. de l'établissement. Les auteurs ne donnent que la température prise dans les piscines, qui aurait varié de 28° à 24° suivant les piscines et l'heure de la journée. Une analyse quantitative due à l'un des auteurs accuse 3^{gr},638 de résidu fixe, de l'acide carbonique, de l'air et des matières organiques (Voyez le tableau, pag. 40).

¹ F. A. Barral, Simão J. Fernandes, Antonio Maria Ribeiro e José Dionysio Correia, *Noticia sobre as aguas mineraes do Estoril, extrahida de um relatorio feito ao governo civil de Lisboa* (Jornal das sciencias medicas de Lisboa, vol. II, pag. 215, 1835).

D'après M. le dr. Lourenço, la température est de 28°, celle de l'air étant de 16°, il est donc probable qu'il se réfère à l'hiver.

Il a trouvé 3^{gr},57 de résidu fixe dans 1000 grammes d'eau. D'après les deux analyses, la substance prédominante est le chlorure de sodium. Les autres substances sont des chlorures, des carbonates, des sulfates, de la silice et de l'oxyde de fer. Le dr. Lourenço en cite un plus grand nombre que les auteurs de l'analyse quantitative.

La source de *Poça* est située au bord de la mer, sur la rive droite du thalweg nommé ruisseau da Cadaveira.

C'est un groupe de griffons sourdant des fentes d'un calcaire en bancs puissants; les uns sont à l'altitude des hautes marées, les autres ne se découvrent qu'à marée basse et sont en partie couverts de sable marin.

Au pied du rocher, à 50 mètres à l'est du fort qui domine la rive droite, se trouve un réservoir rectangulaire, d'environ 2 mètres de côté, construit en 1861. Ce réservoir reçoit de l'eau par un canal dont je n'ai pas pu voir la longueur, et en outre par deux ou trois griffons situés au fond du dit réservoir.

Le 24 septembre 1892, vers deux heures, la marée étant basse, l'eau atteignait dans le réservoir une hauteur de 0^m,80; elle doit être plus haute à marée haute, par suite du refoulement, quoique l'eau de mer n'y atteigne pas.

Le thermomètre plongé alternativement dans deux des griffons m'a indiqué 26°,5 (corrigé).

En dehors du petit bâtiment, à environ 16 mètres à l'ouest de ce premier groupe de griffons, se trouve un fossé avec une source jaillissant verticalement par un orifice d'environ 3 centimètres de diamètre, sa température était de 26°,6. L'eau ne pouvant pas s'écouler à marée haute remplit le fossé au-dessus du niveau de ce griffon.

La marée montante m'empêcha d'observer la température des griffons d'un niveau inférieur; j'en ai constaté trois, dont deux sont masqués par le sable, tandis que le troisième sourd d'un joint du calcaire.

Tavares ne parle pas des sources de *Poça*, pourtant le rapport de 1835 dit que l'on s'en servait à une époque antérieure. En 1835, cette eau ne sourdait que du sable marin et était couverte à chaque marée; ce rapport la qualifie de froide, ce qui prouve simplement qu'elle était mélangée à l'eau de mer.

Le dr. Lourenço (1867) indique 27°. Vers 1880, je l'ai observée au mois de juillet avec un thermomètre ordinaire et lui ai trouvé 28°. Sa température paraît donc avoir baissé. Il se-

rait intéressant de la soumettre à une série d'observations en tenant compte de l'état de la marée.

D'après le dr. Lourenço, le résidu fixe par 1000 grammes est de 3^{gr},111, présentant les mêmes substances que l'eau d'Estoril.

La minéralisation et la température de l'eau de Poça sont donc un peu inférieures à celles de l'eau d'Estoril.

Source du couvent de Santo Antonio. — Le dr. Lourenço dit que l'on tire ces eaux du fond d'un puits, qu'elles sont froides, et qu'elles contiennent 1^{gr},174 de résidu fixe, formé par les mêmes substances qu'à Estoril.

D'après José Tedeschi ¹, qui a visité ces eaux et en a fait une analyse quantitative, la source est à quarante-cinq pas du couvent, au fond d'un puits de 4 mètres de profondeur; elle donne 24,54 litres par minute, et sa température en décembre 1843 était de 19°.

M. F. da Costa Felix a reproduit l'analyse de M. Tedeschi et une autre dont on ne connaît pas l'auteur, toutes deux datent de 1844; la première admet un résidu fixe de 3 grammes par litre, l'autre de 1^{gr},225, ce qui se rapproche du résultat obtenu par le dr. Lourenço.

L'analogie de minéralisation pourrait faire admettre que cette source est thermale comme les deux autres, mais que sa minéralisation et sa thermalité ont été diminuées par le mélange d'eaux superficielles.

La température maxima du sol à 5 mètres de profondeur ayant lieu en décembre, et dépassant parfois 19°, la température observée par Tedeschi est donc normale; la minéralisation ne présente pas de substance ne se trouvant aussi dans les autres sources minérales froides. Il n'y a donc pas de raison pour la considérer comme thermale modifiée, mais comme d'un autre côté il se pourrait qu'une partie de sa minéralisation provint d'un mélange d'infiltration d'Estoril, je ne l'ai pas fait figurer avec les sources minérales non thermales. L'analyse des autres sources du voisinage sourdant des mêmes grès ferait connaître si leur composition est analogue.

Considérations sur ce groupe de sources. — Nous avons vu que la source d'Estoril se trouve dans la partie supérieure de l'assise de grès; l'état du terrain ne permet pas de reconnaî-

¹ *Memoria sobre a agua mineral que brota na cerca do extincto convento de Santo Antonio do Estoril e sua analyse chimica* (Jornal de pharmacia e sciencias accessorias de Lisboa, 2.^e serie, 12.^o anno, 1859, pag. 148).

tre si elle sourd directement des grès non disloqués, ou si c'est sur le passage d'une faille ou d'un filon.

Cette contrée est traversée par de nombreux filons d'une roche éruptive décomposée, visible dans les falaises et surtout dans la tranchée du chemin de fer qui coupe la colline séparant le thalweg d'Estoril de celui où se trouvent les sources de Poça. Ces filons ne sont en général pas accompagnés de dénivelllements des couches encaissantes, tandis que d'autres présentent un dénivèlement de 1 à 2 mètres.

Les griffons de Poça ne paraissent avoir aucune liaison avec ces filons, l'eau sourd des joints du calcaire.

La contrée située entre la serra de Cintra et la mer présente du reste plusieurs points où les filons sont plus nombreux et beaucoup plus puissants que ceux des environs d'Estoril et pourtant il ne s'y trouve pas de sources thermales.

La température de 29° observée à la source d'Estoril correspond à une profondeur de 370 mètres. Or, le seul massif montagneux des environs, la serra de Cintra, a comme points culminants 529 mètres à l'extrémité orientale et 488 mètres vers le centre, mais comme masse, on ne peut guère admettre que 350 à 380 mètres, et elle est éloignée des sources par une étendue de terrain de plus de 6 kilomètres, n'ayant qu'une altitude moyenne de 100 à 120 mètres.

L'épaisseur moyenne du massif montagneux au-dessus de l'altitude des sources produirait à peu près le calorique observé, mais le parcours sous le plateau qui les sépare du dit massif, aurait pour résultat de diminuer ce calorique. Il faut donc en rechercher l'origine dans la profondeur.

Or, les terrains stratifiés qui s'étendent au sud du massif cristallin de Cintra, plongent fortement vers le sud, au pied de ce massif, puis se relèvent avec une inclinaison moins accentuée (Voyez fig. 1). Les eaux s'infiltrant au pied du massif dans les strates perméables comprises entre deux strates imperméables, sont donc entraînées vers la profondeur, puis ramenées au jour beaucoup plus au sud.

Telle est l'hypothèse qui paraît le mieux expliquer la thermalité des eaux d'Estoril, et celles de Poça paraissent être une dérivation des premières à travers les fentes du calcaire.

Quant à la minéralisation, elle ne présente aucun corps qui ne se trouve dans les sources minérales froides.

Groupe d'Amieira

A la limite du contre-fort crétacique de la serra de Verride et de la plaine d'alluvions nommée Campo de Carregal, se

trouvent trois sources ou groupes de griffons disposées sur une ligne droite de 2 kilomètres de longueur.

La plus septentrionale est à mi-distance entre la station d'Amieira et Bicanho, au pied du petit hameau de Camarinheiras. Elle est utilisée dans un établissement bien monté, portant actuellement le nom de *Banhos d'Amieira*, tiré d'un hameau situé à 2 kilomètres à OSO. de l'établissement, de l'autre côté de la plaine d'alluvions.

La source médiane, nommée *Bicanho*, est située au S. du hameau de ce nom, à distance à peu près égale d'Azenha et au nord du thalweg de cette localité.

La troisième est située au S. de ce thalweg, au SO. d'Azenha, et au NO. de Pedrogam. Elle porte généralement le nom de la première de ces localités et aussi celui de Vinha-da-Rainha, suivant la localité qu'habitent les baigneurs. Cette localité, étant à plus de 2 kilomètres de la source, on a parfois supposé qu'il s'agissait d'une quatrième source, ce qui n'est pas le cas.

Tavares lui applique aussi le nom de *Pranto*, qui est la désignation générale employée dans le pays pour tout ce groupe de sources. M. M. F. da Costa Felix et A. L. Lopes les réunissent sous celui de Soure, localité éloignée de plus de 10 kilomètres, mais qui était la station de chemin de fer la plus rapprochée avant l'ouverture de la ligne de Leiria. Je préfère la désignation d'Amieira, bien connue depuis la fondation de l'établissement thermal.

Dans la carte de M. Brandt, la position assignée aux sources de Pranto est complètement fautive; il les place près de Soure, au SE. de la source de Verride, tandis qu'elles sont au contraire au SO. et fort rapprochées.

Il est en outre à remarquer que M. Lopes a décrit à part la source d'Amieira, n'ayant pas vu qu'elle est comprise dans celles qu'il décrit sous le nom de sources de Soure.

D'après Tavares, ces sources auraient eu leur émergence principale au N. de Bicanho, au lieu dit Banhos Velhos (probablement vers la source actuelle d'Amieira) jusque vers 1700, et les sources de Bicanho et d'Azenha ne dateraient que de cette époque. A l'époque où écrivait Tavares, c'était la source d'Azenha qui était la plus fréquentée, mais elles tombèrent en désuétude lorsque le propriétaire de celle de Bicanho eut fait construire des maisons pour les baigneurs, vers 1835. C'est en 1883 ou en 1884 que l'on fit les travaux de captage de la source dite d'Amieira.

L'eau de ces différentes sources paraît analogue; elle passait pour sulfureuse jusqu'à ce que l'analyse de l'eau d'Amieira ait montré leur véritable composition. Elle contient une forte

proportion de chlorure de sodium, 0^{sr},463, des bicarbonates de chaux et de magnésie, des chlorures de magnésium, de lithium et d'ammonium, du sulfate de chaux, des sulfates alcalins et de l'acide carbonique libre (Voyez le tableau, pag. 40).

D'après Tavares, la température aurait été de 31 à 34° centigrades vers 1810 à la source d'Azenha. En septembre 1887, j'ai vérifié que la source d'Amieira n'a que 29°, température indiquée du reste dans les prospectus de l'établissement, et le directeur des bains m'a dit que les deux autres sources n'ont que 26° et 27°.

Les trois sources sont dans les mêmes conditions géologiques; elles sourdent des calcaires du Crétacique supérieur, au bord du Campo, donc à une altitude d'environ 5 mètres. La serra de Verride n'ayant qu'une hauteur moyenne de 80 mètres au-dessus de ces sources, ne peut nullement expliquer leur thermalité, et il n'y a aucune autre masse montagneuse dans le voisinage. Y aurait-il une faille limitant le pied S. et SO. des serras de Buarcos et de Verride?

Le Campo est une plaine marécageuse aboutissant au Mondégo. Elle est formée par des alluvions paraissant d'eau douce à la surface, mais les travaux du pont du chemin de fer près de Lares ont rencontré des alluvions marines jusqu'à 17 mètres au-dessous du niveau actuel de l'Océan, alluvions qui existent certainement aussi au Campo.

A l'O. du Campo se trouvent des collines de graviers et de sables pliocènes de 80 mètres d'altitude.

La profondeur des alluvions ne prouve pas la présence de la faille à laquelle je viens de faire allusion, et la disposition régulière du Crétacique qui limite ces deux chaînes en plongeant sous le Pliocène, paraît, au contraire, témoigner d'une succession normale; ce n'est qu'entre Gandra et Lares que j'ai observé un fait en faveur de cette faille. Ce sont des marnes rouges qui paraissent jurassiques, mais je n'ai pas pu y rencontrer de fossiles et leurs caractères pétrographiques ne sont pas assez tranchés pour que l'on puisse les prendre comme preuve d'un fait aussi important.

Il est fâcheux que la source de Verride soit aussi incomplètement connue, elle aurait peut-être fourni quelques points de comparaison, éclaircissant l'origine de celles d'Amieira.

M. le dr. A. L. Lopes parle d'une source sulfureuse importante, se trouvant à 80 mètres de la source d'Amieira, et d'une petite source ferrugineuse en étant un peu plus éloignée. Ces sources sont sans doute de découverte récente, sinon elles m'auraient été mentionnées en 1887.

Grupo des Alcaçarias¹

Les principaux renseignements descriptifs sur les sources thermales de Lisbonne se trouvent dans les ouvrages suivants :

1810. Tavares. *Instrucções*, etc. (V. p. 1).

1851. Velloso de Andrade, *Memoria sobre chafarizes*, etc. (V. p. 35.)

1853. *Representações dirigidas a Sua Magestade a Rainha e ao corpo legislativo pela camara municipal de Lisboa sobre o abastecimento de aguas na capital por meio de empresa*, 8.^o, Lisboa (Contient des mémoires de Pezera, dr. Costa et Julio Pimentel).

1864. A. Rotureau. *Des principales eaux minérales de l'Europe* (V. p. 48.)

1867. C. Ribeiro, *Memoria sobre o abastecimento de Lisboa*, etc. (V. p. 32.)

1867. Dr. Lourenço, *Relatorio*, etc. (V. p. 2).

Ces auteurs avaient en vue soit l'emploi thérapeutique des eaux, soit leur emploi pour l'alimentation publique, de sorte qu'aucun d'eux ne traite la question dans son ensemble.

Les auteurs plus modernes se sont servi des ouvrages du dr. Tavares et du dr. Lourenço, et n'y ont ajouté que quelques renseignements sur l'organisation des établissements de bains.

En outre des ouvrages précités, j'ai utilisé les analyses que M. le dr. Mastbaum a bien voulu mettre à ma disposition.

Tavares étendait le groupe des Alcaçarias vers l'E. jusqu'à Fonte da Bica do Sapato et au NO. jusqu'à la source de Pedras Negras, sous le palais des comtes de Pénafiel. Nous allons examiner ces différents sous-groupes en procédant de l'E. à l'O.

Premier sous-groupe. Bica do Sapato.

La thermalité de cette source est si faible que j'hésite à la considérer comme telle. Tavares lui a trouvé 18^o,3, Carlos Ribeiro 18^o (janvier 1864). Ces observations ont probablement été faites au goulot, comme le sont les suivantes de 1892 : 22 mars, 17^o,8 (Mastbaum); octobre, 18^o,3; 17 novembre, 19^o,2 (Choffat).

¹ Afin d'éviter des redites, je préviens que, sauf mention spéciale, mes observations ont été faites en octobre 1892, et que les températures sont corrigées.

Le 17 novembre 1892, grâce à l'obligeance de M. Antonio Maria de Avellar, ingénieur de la chambre municipale, j'ai pu examiner la source, ou plutôt une des sources, car il en a deux. L'une, d'un niveau inférieur, est murée; elle fournit l'eau au goulot inférieur. Sa température au goulot était de 19°,2 comme celle de la source principale, d'où il paraît que sa température réelle est inférieure, puisqu'elle naît immédiatement auprès du goulot, tandis que l'autre perdait 0°,4 sur son parcours.

La source principale se trouve sur le côté opposé du lavoir public, adossé au N. de la fontaine, au fond d'un puits étroit de 1^m,50 de profondeur. Son débit est faible, des bulles de gaz se dégagent du fond à de grands intervalles. La température au fond du puits était de 19°,6 à huit heures du matin, tandis que la lecture du thermomètre de l'observatoire, à la même profondeur, n'accusait que 16°,6, ce qui prouve que cette source a son siège beaucoup plus profond.

Les variations de température observées au goulot font voir qu'il serait intéressant de la soumettre à une série d'observations régulières qui seules peuvent faire voir si on doit ou non la considérer comme thermale, sa composition différant beaucoup de celle des autres sources du groupe.

Malgré leur basse température, ces eaux sont plus minéralisées que celles du groupe thermal; elles contiennent 1^{gr},3296 de matières fixes par litre, d'après M. Mastbaum; la forte proportion d'azotates étant particulièrement à noter. On trouvera l'analyse complète à la fin de ce groupe.

Cette forte minéralisation ne prouve pas que ces eaux soient à relier à celles des Alcaçarias, car nous avons déjà vu que différentes eaux des terrains tertiaires ont une minéralisation toute aussi forte, quoique n'étant absolument pas thermales.

Tavares dit en outre qu'une source thermale aurait apparu entre cette fontaine et Caes dos Soldados, en creusant les fondations d'une maison, et qu'on l'a immédiatement obstruée. Tavares n'a pas vu cette source, et il ne paraît pas que personne en ait observé la température.

Le jour même où je trouvais 19°,6 dans la source de Bica do Sapato, je ne trouvais que 19°,0 dans un puits du n° 52, vis-à-vis de la gare de Santa Apolonia.

2° sous-groupe. Largo da Fundição.

Le point le plus oriental où j'aie observé une source incontestablement thermale est situé vis-à-vis de l'arsenal de l'armée, c'est-à-dire à 550 mètres de Bica do Sapato, ce qui tient peut-être à ce que les travaux de terrassement pour l'établis-

sement de la gare et du nouveau quai empêchent l'observation à l'E. de ce point.

Les sources de ce sous-groupe ne sont actuellement observables qu'au pied du quai et à marée basse; elles sont séparées du pied de la colline par des alluvions de plus de 50 mètres de largeur, de sorte qu'en les traversant elles perdent une partie de leur température et se mélangent à des eaux superficielles.

Je n'ai pas pu mesurer la température de la source la plus orientale qui émerge entre les pierres du quai, vis-à-vis de l'angle occidental de l'arsenal de l'armée. Elle paraît inférieure à celle des deux fortes sources qui émergent à l'extrémité du Boqueirão da praia da Galé, sous un établissement de bains de mer, lesquelles marquaient 21°,8.

Ces eaux n'ont probablement jamais été analysées; tout ce que je puis en dire est qu'elles ont toutes trois une saveur fort désagréable.

3° sous-groupe. Jardim do Tabaco.

Une fontaine abondante, dite *Bica do Jardim do Tabaco*, se trouve dans la cour d'un bâtiment de la douane, au N. de la rue, à environ 100 mètres du premier groupe. Je ne connais pas ses griffons, ni les conditions de son réservoir.

Julio Pimentel dit que ses eaux paraissent avoir la même origine que celles du réservoir d'Alfama, mais que leur composition en diffère par une plus grande quantité de sels en dissolution, ce qu'il suppose provenir d'un mélange avec des sources superficielles. La distribution des groupes de griffons nous montre que cette hypothèse ne peut être soutenue qu'à un point de vue tout à fait général.

On trouvera l'analyse de M. Pimentel au tableau qui termine ce groupe. Il ne parle pas de la température; M. Ribeiro a trouvé 20° en janvier 1864, tandis qu'elle était de 22°,4 en octobre 1892.

Puits du Jardim do Tabaco.—Au bord du quai, vis-à-vis de *Bica do Jardim do Tabaco*, et à une distance d'environ 75 mètres, se trouve un puits appartenant à une dépendance de la douane. Il a été construit pour utiliser l'eau jaillissante rencontrée dans un sondage à environ 25 mètres au-dessous des plus basses eaux, à ce que m'a dit M. A. A. Neves Correia.

Le diamètre de ce puits est de 3 mètres, la profondeur jusqu'à l'eau était de 4^m,10 et jusqu'au fond de 5^m,75.

La température à 0^m,30 au-dessous de la surface de l'eau était de 22°,8 à 22°,9 et au fond du puits de 23°,4 à 23°,5, la température de l'eau du Tage au bord du quai n'étant que de 18°,3.

La température de l'eau de ce puits est donc plus haute que celle de la fontaine, ce qui provient peut-être de ce que la température de la fontaine est observée au goulot, et non pas à la source.

4° sous-groupe. **Banhos do Doutor.** 71, 3, 11, 15(2)

On dit que l'établissement de bains dit do Doutor est le plus ancien des établissements balnéaires se servant actuellement des eaux du bairro oriental. Cette ancienneté est une preuve des grands changements qui ont eu lieu dans le régime de ces sources, car ce qui existe actuellement ne porterait pas à y établir des bains.

Sous les dalles d'une chambre dans laquelle se trouve la chaudière servant à chauffer l'eau des bains, se trouve un puits alimenté par une source. Un trou d'environ 0^m,15 de diamètre m'a permis d'y glisser un thermomètre plongé dans un tube rempli d'eau. Il s'est enfoncé jusqu'à une profondeur d'environ 2^m,70, mais le fond du puits paraît être en partie comblé par le limon. La température était de 19°,8 (octobre).

Il y a en outre une petite fontaine dite froide et ferrugineuse, qui d'après une inscription de 1622 proviendrait de Santa Luzia, chapelle située sur le versant de la colline du château. Cette source, dont les auteurs ne parlent pas, sert comme boisson; elle n'est pas en relation avec les sources thermales. La température au goulot était de 20°,3, température provenant certainement des influences extérieures.

Au-dessous du goulot de cette petite source se trouve un robinet servant d'écoulement au trop-plein du puits.

Comme je l'ai dit plus haut, je n'ai trouvé que 19°,8 dans le puits. Tavares dit qu'à la source il y a 24°,4 et 24 dans le réservoir; il aurait donc vu la source!

M. le dr. Lourenço parle de 26°,5 dans le réservoir et de 26 au goulot (sans doute au robinet).

M. M. F. da Costa Felix et A. L. Lopes parlent de 27°, sans rien ajouter à ce que dit le dr. Lourenço.

Comme j'ai répété mon observation et que les observations doubles du dr. Tavares et du dr. Lourenço se confirment l'une l'autre, il est évident que la température de ces eaux a beaucoup baissé, ce qui tient probablement à ce que des eaux froides pénètrent actuellement dans le réservoir.

Le réservoir du *chafariz de Dentro* est situé à 10 ou 15 mètres ENE. du puits des bains du Doutor. Lorsque Velloso d'Andrade l'a décrit, l'eau était abondante et s'élevait à 1^m,60 au-dessus du fond du réservoir. Actuellement elle ne s'élève plus qu'à 30 ou 40 centimètres, de sorte qu'elle ne peut plus parvenir à la hauteur des cornes de la fontaine, que l'on

a dû alimenter par la canalisation générale des eaux du bairro oriental.

Tavares a trouvé une température de $24^{\circ},4$ au goulot, C. Ribeiro (janvier) mentionne $23^{\circ},5$ sans dire si c'est au goulot ou au réservoir. Il est actuellement inutile de mesurer la température au goulot; j'ai trouvé $24^{\circ},5$ au fond du réservoir, ce qui paraît indiquer une diminution par rapport à Tavares qui trouvait $24^{\circ},4$ au goulot.

Je n'ai pas vu de dégagement de gaz, quoique j'aie examiné le réservoir pendant plus de dix minutes.

Le *chafariz da Praia*, situé vis-à-vis de celui de Dentro, de l'autre côté de la rue, était considéré comme ayant une eau plus chaude que celle de ce dernier, et de qualité supérieure. Tavares lui a au contraire trouvé une température inférieure, $23^{\circ},3$ au lieu de $24^{\circ},4$ et Velloso d'Andrade a prouvé que ce n'était qu'un déversoir naturel de la source du chafariz de Dentro.

5^e sous-groupe. Rue d'Alfama.

Ce sous-groupe commence à 50 mètres au SO. des bain du Doutor. Il comprend le bassin d'Alfama, à l'O. de la rue de ce nom; les bains de J. A. Baptista et de Dona Clara au S. de ce bassin, et les bains du Duque à l'O. de la même rue.

Reservoir d'Alfama (tanque das Alcaçarias ou lavatorio d'Alfama). — Ce réservoir qui anciennement servait de lavoir public, a été recouvert d'une voûte vers 1868.

Le dr. Costa et Julio Pimentel disent que de nombreux bouillons naissent en différents points du fond et qu'ils dégagent de grandes quantités d'azote. Ils mentionnent en outre deux sources naissant au-dessous de la paroi septentrionale et paraissant légèrement différer dans leur composition; la première, à l'entrée, était moins forte que la seconde, et sa température était inférieure. Ils ne donnent pas la température de chaque source séparément, et les 27° qu'ils indiquent se réfèrent certainement à la température de l'eau du bassin.

Quant à la position de ces deux sources, il est à remarquer qu'en 1853 l'entrée du bassin était à l'E., tandis qu'elle est actuellement à l'O.

M. F. A. Borges de Sousa, ingénieur de la compagnie des eaux, ayant eu l'obligeance de faire vider le bassin, autant que faire se peut, j'ai pu observer ce qui suit.

Ce bassin dont la plus grande dimension est orientée du SO. au NE., a environ 17 mètres de long sur 8 de large, et l'entrée est à l'extrémité SO. Après l'écoulement de l'eau, il en reste encore une hauteur d'environ 25 centimètres, mais

le sol est irrégulier à cause du sable et du limon amené par les sources.

En marchant dans ce réservoir, on éprouve des sensations de chaud et de froid bien sensibles dans la masse de l'eau, mais beaucoup plus fortes lorsque l'on enfonce le pied dans les différentes sources.

Le plus grand nombre de bouillons se trouve dans la partie occidentale; on les distingue facilement par leurs dégagements de bulles de gaz et par l'entonnoir qu'ils forment en chassant le limon sur les côtés.

Je n'ai vu qu'un seul bouillon émettre un dégagement de gaz tumultueux, et seulement une fois pendant une demi-heure que j'ai passée dans le réservoir. Sauf ce cas, je n'ai vu que des bulles s'échappant lentement, l'une après l'autre.

Le bouillon qui forme le plus grand entonnoir est vis-à-vis de la porte; mon thermomètre s'y est enfoncé jusqu'à une profondeur de 1 mètre environ ce qui n'est certainement pas sa profondeur totale. Il marquait $28^{\circ},8$.

Les autres bouillons sont beaucoup moins profonds; ceux qui se trouvent près du pilier occidental font éprouver une sensation de froid, mais je n'ai pas pu en prendre la température exacte à cause de l'eau qui les recouvre. Ces bouillons relativement froids émettent aussi des bulles de gaz.

Plusieurs sources froides sourdent du dessous de la paroi septentrionale; elles proviennent évidemment des couches tertiaires. La plus abondante sourd à l'angle occidental, d'une cavité laissant voir une roche paraissant être le calcaire miocène en place. Cette eau est descendante, mais sur son parcours, dans la même cavité, se trouve une source ascendante m'ayant donné $30^{\circ},6$, ce qui est la plus haute température observée dans les sources de l'étang.

Cette source froide amène un sable fin, micacé, tandis que le limon amené par les sources ascendantes est tellement adhérent, qu'après avoir stationné un instant à la même place, on a de la peine à se dégager.

Cette température de $30^{\circ},6$ est un minimum, car je n'ai pas pu isoler cette source du mélange de l'eau froide; d'un autre côté, il est fort possible que les autres bouillons présenteraient une température tout aussi élevée, si on pouvait les isoler.

La conformation de la cavité d'où naît la source froide ne m'a pas permis d'en prendre la température avant la réunion avec la nappe d'eau tiède.

Banhos de Dona Clara.—L'eau sourd dans un réservoir dans lequel Tavares a observé 30° centigrades, Ribeiro $26^{\circ},5$ (janvier), le dr. Lourenço 33° et moi $27^{\circ},6$ le 13 octobre de la même année.

A la naissance de la première, on voit un bouillon avec dégagement de gaz, peu abondant, tandis qu'il ne s'en dégage pas à l'extrémité de la galerie où je n'ai trouvé que 26°,4, tandis qu'en plongeant le thermomètre dans le bouillon, on peut l'enfoncer jusqu'à 0^m,25, environ, et on obtient 28°,3.

La galerie occidentale ne montre pas de dégagements de gaz, je ne lui ai trouvé que 27°,8.

Ces sources entraînent un sable très fin, micacé, provenant certainement du Tertiaire, et elles déposent une croute stalagmitique fort mince.

Le fond de la galerie septentrionale est formé par des blocs évidemment dérangés, tandis que le fond de la galerie occidentale présente au contraire des blocs paraissant en place. C'est en 1699 que ce captage fut fait; il existe une description de l'époque disant que l'on n'a rencontré que des décombres et de la terre meuble (Velloso de Andrade, pag. 110).

De ce point, les eaux sont conduites à un réservoir situé immédiatement derrière la fontaine publique.

D'après la description précitée, le fond de ce réservoir est formé par du sable mélangé à de l'argile, des pierres et du roc vif (?). Ce serait de là que naîtraient les principales sources alimentant la fontaine. Je n'y ai pas observé de dégagements de gaz.

Anciennement, les deux cornes orientales étaient alimentées par un captage spécial; Tavares a mesuré la température aux goulots et a trouvé 26°,1 aux sept cornes occidentales et 26,6 aux cornes orientales.

C. Ribeiro parle seul de la température à la clairevoie; il a observé 26,5 en janvier 1864; cette observation a sans doute été faite dans le canal réunissant les eaux et non pas dans la source même. Il a trouvé en outre 26°,5¹ au réservoir occidental et 23 au réservoir oriental. Il est curieux que ce soit le réservoir oriental qui ait présenté la température la plus basse, contrairement à ce qu'a observé Tavares.

Le dr. Lourenço indique 29° ce qui se rapporte probablement au réservoir occidental.

Actuellement, toute l'eau est mélangée dans le réservoir dont les deux parties communiquent, à ce qu'il m'a été assuré. J'ai observé 27° de chaque côté de la division médiane et 26°,8 aux cornes. Mr. le dr. Mastbaum a observé 26°,2 aux cornes le 10 mai et 26°,4 le 20 du même mois.

Pedras-Negras. — Le lecteur voudra bien se reporter à ce

¹ Par suite d'une faute d'impression il est dit 16°.5.

qui a été dit de cette source en parlant de celle de l'Arsenal de la marine (pag. 51).

Nous avons vu que l'unique preuve de sa thermalité consiste dans le mot *tiède* dont la qualifie le chroniqueur, or ce dernier, de même que Tavares, admettent que la désignation *thermal* est une preuve que les bains romains étaient alimentés par des eaux *naturellement chaudes*, tandis qu'il est au contraire bien démontré que les romains appliquaient aussi cette désignation aux bains chauffés artificiellement.

Cette idée préconçue n'a-t-elle pas porté D. Caetano de Bem à écrire le mot *tiède*, ou bien s'agit-il simplement d'eaux très superficielles ayant pris la température de l'air?

L'altitude à laquelle a apparu cette eau (environ 30 mètres) et sa position en arrière des sources thermales des Alcaçarias, sont des motifs pour hésiter à rattacher cette source à ce groupe et pour douter de la véracité du mot *tiède*.

Il y a certainement exagération lorsqu'il parle d'une grande quantité d'eau, car de l'eau apparaissant en grande quantité à cette altitude aurait été utilisée avec empressement.

Il est évident que toute l'attention de cet auteur était portée vers les ruines romaines et que l'eau l'intéressait fort peu. Le mot *tiède* est du reste employé de façons fort diverses; nous voyons Tavares ranger Bica do Sapato dans le groupe des sources chaudes, quoiqu'il ne lui ait trouvé que 18° 3.

Remarques générales sur le groupe

Dans les considérations qui suivent, nous éliminons la source de Pedras-Negras dont la réputation de thermalité ne repose pas sur des preuves sérieuses.

Il est évident qu'à une certaine époque, le Tage baignait le pied de la colline du château, dont les falaises devaient être fort escarpées, à en juger par les roches de calcaire miocène que l'on peut encore observer en divers points, par exemple, en suivant la rue de la Judiaria.

Les sources thermales naissent en partie au pied même de la roche, en partie plus au S., dans les alluvions qui s'étendent à son pied. Je n'ai pu observer les griffons eux-mêmes qu'à la clairevoie du chafariz d'El-Rei et dans le réservoir d'Alfama.

Dans ces deux points, c'est vers la paroi que la température paraît le plus élevée. Les bains du Duque paraissent faire exception, mais il est à remarquer que l'on ne connaît que la température du réservoir et non pas celle des griffons.

Quelques-unes de ces sources émergent au niveau moyen des eaux du Tage et sont couvertes par les marées. Le ni-

veau d'eau des puits des bains est inférieur au niveau de la rue et a environ 2 mètres d'altitude au-dessus du niveau moyen.

D'après la coupe de Pézerat, la surface de l'eau du réservoir de chafariz d'El-Rei serait à 3^m,40 et les sources de la clairevoie à 4 mètres.

D'après la même coupe, les sources de la clairevoie du chafariz d'El-Rei sont à l'altitude de 4 mètres au-dessus du niveau moyen des eaux du Tage ; le niveau de l'eau du réservoir de la même fontaine est à 3^m,40, celui du réservoir d'Alfama à 3^m,20 et celui du chafariz de Dentro était à 4^m,10 (1853). Nous avons vu qu'il s'est actuellement abaissé de plus d'un mètre dans ce dernier réservoir, de sorte qu'il est à peu près au même niveau que les autres.

Les marées ont de l'influence sur le débit de ces divers réservoirs ; elles en avaient même sur celui du chafariz de Dentro, malgré sa plus grande altitude ; il donnait 8 ¹/₂ anneaux (par heure ?) à la marée montante et 7 ¹/₂ à marée basse. Le chafariz d'El-Rei fournissait 13 anneaux et 4 plumes à marée haute et 3 anneaux, 3 plumes à marée basse ¹.

Ces sources sont disposées sur une ligne dont les deux extrémités, chafariz d'El-Rei et Bica do Sapato, sont distantes de 1010 mètres, tandis que la ligne de thermalité relativement accentuée, chafariz d'El-Rei, largo da Fundação, n'a que 550 mètres.

En reliant le point d'émergence des sources du chafariz d'El-Rei à Bica do Jardim do Tabaco, la flèche, qui correspond aux sources du chafariz de Dentro et aux bains du Doutor, a environ 50 mètres de longueur.

Dans tous les cas, ces sources sont disposées suivant un arc à convexité tournée vers la terre, c'est donc à tort que Tavares représente les sources thermales de Lisbonne comme étant disposées autour du mont du château de S. Jorge.

¹ L'anneau (anel) a 8 plumes (penna) et correspond à 27 mètres cubes.

Tableau des températures observées à différents époques

R. réservoir, S. source, G. goulot. Les chiffres romains précédant le nom de la source indiquent le groupe, ceux qui sont dans les colonnes indiquent le mois.

	1810		1862		1867		1892	
	Tavares	Rotureau	Bilbeiro	Bourenço	Mastbaum	Choffat		
I. Bica do Sapato, puits.....	G. 18°,3	.	G. I. 18°	.	G. III. 17°,8	S. XI. 19°,6		
II. Boqueirão da Praia da Galé.....	.	.	I. 20°	.	X. 22°,4	X. 21°,8		
III. Bica do Jardim do Tabaco.....	.	.	.	.	.	X. 22°,3
" Poço do Jardim do Tabaco.....	24°,4	.	.	.	.	X. 23°,5
IV. Banhos do Doutor. S.	24°	IX. 23°	I. 23°,5	26°,5	.	X. 19°,8		
" Banhos do Doutor. R.	24°,4	IX. 32°,5	.	34°	.	R. X. 24°,5		
" Chafariz de Dentro	30°,5	.	.	.	.	X. 23°,8
V. Banhos do Duque. R. ....	.	R. 27°(a)	.	.	R. X. 20°,9	X. 30°,6	
" Banhos do Duque. S. ....	.	IX. 28°,8	I. 26°,5	33°	.	S. X. 27°,6	
" Réservoir d'Alfama.....	30°	.	.	.	.	X. 28°,3
" Banhos de D. Clara.....	.	.	.	.	G. III. 26°,2	R. X. 27°
VI. Chafariz d'El-Rei, clairevoie. S. Nord.....	G. 26°,1	.	R. 26°,5	29°	à 26°,4	G. X. 26°,4		
Chafariz d'El-Rei, R. occidental.....	G. 26°,6	.	R. 23°	.	.	G. X. 26°,4		
Chafariz d'El-Rei, R. oriental.....	.	.	.	.	.	.

(a) Julio Fimentei, 1853.

Température. — Dans le petit tableau ci-contre, j'ai mis en présence les températures observées à quatre époques différentes : 1810, 1862, 1867 et 1892. En 1867 et en 1892 il y a deux observateurs, l'un ayant opéré en hiver et l'autre en été.

Dans ce dernier cas, les différences atteignent 0°,2 aux goulots de chafariz d'El-Rei, tandis qu'en 1867, les températures indiquées par Mr. le dr. Lourenço sont toujours de plusieurs degrés plus élevées que toutes les autres observations.

Le rapport entre les différentes observations du dr. Lourenço est à peu près le même que chez les observateurs, de sorte que l'on est obligé d'admettre, la présence réelle de températures aussi élevées, soit l'emploi d'un thermomètre défectueux.

Les observations aux griffons sont insuffisantes pour affirmer qu'ils présentent des variations annuelles. Il est par contre incontestable qu'il y a eu des variations dans le temps qui se résument ainsi :

III. *Bica do Jardim do Tabaco.* — Augmentation depuis 1867, à moins que la différence ne dépende de la saison.

IV. *Banhos do Doutor* — Diminution.

Chafariz de Dentro — Diminution (Voir pag. 72).

V. *Banhos do Duque* — Augmentation, puis diminution.

Réservoir d'Alfama — Stable ?

Bains de D. Clara — Diminution.

VI. *Chafariz d'El-Rei* — A peu près stable.

En général, la température a diminué. Un fait en apparence fort curieux est l'augmentation considérable de la température des *Banhos do Duque*, suivie d'une diminution non moins accentuée. Malheureusement ces observations sont faites dans le réservoir et non pas aux griffons, de sorte que l'on ne peut pas constater s'il s'agit de changements réels ou simplement d'un mélange plus abondant de sources froides.

Chez tous les observateurs, nous trouvons que la température est élevée à chafariz d'El-Rei, qu'elle l'est davantage au groupe des *Banhos do Duque*, qu'elle tombe brusquement au groupe du *Doutor*, y étant inférieure à celle de chafariz d'El-Rei, et que la diminution continue vers l'E.

Composition. — Les eaux analysées quantitativement sont les suivantes :

- | | | |
|-----------------|--------------|--|
| 1 ^{er} | sous-groupe. | <i>Bica do Sapato</i> (Dr. Mastbaum, 1892). |
| 2 ^e | » | <i>Bica do Jardim do Tabaco</i> (J. Pimentel, 1853). |
| 4 ^e | » | <i>Réservoir d'Alfama</i> (J. Pimentel, 1853). |
| | | <i>Banhos de D. Clara</i> (Mastbaum, 1892). |
| 5 ^e | » | <i>Banhos de J. A. Baptista</i> (A. Cardoso, 1872). |
| | | <i>Chafariz d'El-Rei</i> (Mastbaum, 1892). |

Tableau de la composition des sarras analysés quantitativement (a)

	Bica do Sapato	Jardin do Tabaco	Réservoir d'Alfama	D. Clara	Baptista	Chafariz d'El-Rel
Température moyenne.....	19° 6	22°	27°	27° 6	?	27°
Total des matières fixes.....	1,3296	0,7469 6,235	0,5629 4,966	0,7336	0,823	0,7336 (b) 4,964
Chlorure de sodium.....	II. 0,3861	II. 0,2041	I. 0,1439	I. 0,3124	II. 0,302	II. 0,1305
" de calcium.....	"	III. 0,0543	0,0121	"	"	"
" de magnésium.....	IV. 0,1195	0,0084	IX. 0,0036	VII. 0,0255	V. 0,031	VI. 0,0189
Sulfate de chaux.....	"	IV. 0,0442	IV. 0,0408	III. 0,0639	"	VII. 0,0165
" de magnésie.....	"	"	"	IV. 0,0422	I. 0,305	VII. 0,0169
" de soude et de potasse.....	I. 0,4035	I. 0,2623	II. 0,1413	II. 0,1560	III. 0,150	I. 0,1782
Carbonate de chaux.....	0,0288	0,0101	0,0167	0,0223	0,028	III. 0,0466
" de magnésie.....	"	"	III. 0,0970	"	"	"
" de soude.....	0,0046	ind.	"	0,0040	t	0,0055
" de fer.....	0,2815	"	0,0201	V. 0,0405	"	V. 0,9236
Azotate de soude et de potasse.....	III. 0,0120	V. 0,0262	"	"	"	"
" de chaux.....	0,0788	"	"	"	"	"
" de magnésie.....	0,0298	ind.	V. 0,0211	"	"	"
Silice et alumine.....	"	"	"	0,0310	"	IV. 0,0332

(a) Les chiffres romains indiquent le rang des substances d'après leurs poids, et les chiffres arabes indiquent ce poids en grammes.
 (b) En 1867 le dr. Lourenço a trouvé un résidu de 0,6442.

x à cause du changement des bicarbonate, en carbonates

absolument
 a fait une m^e analyse.
 par M. Knaulbaum

M. le dr. Lourenço a analysé qualitativement plusieurs de ces eaux, dont deux n'ont pas été analysées quantitativement, ce sont les eaux des bains du Duque et du Doutor. La première présente un résidu de 0,7128 et la seconde de 0,5423; leur composition est la même que celles qui figurent au tableau.

Le premier volume du *Jornal da sociedade pharmaceutica de Lisboa* contient (pag. 496) une analyse de l'eau d'un puits situé dans le bécou de Pena-Boquel, près du chafariz da Praia. Cette analyse diffère de toutes les autres, et comme elle contient des erreurs manifestes, je crois préférable de ne pas en tenir compte.

Dans les analyses du Jardim do Tabaco et du réservoir d'Alfama, la combinaison de la chaux et de la magnésie avec l'acide carbonique ayant été calculée comme bicarbonates, j'ai substitué ces nombres par ceux de la quantité correspondante de carbonates.

Nous voyons que la source la plus minéralisée est celle qui a la température la plus basse, Bica do Sapato; mais n'oublions pas que des sources complètement froides présentent une minéralisation encore plus forte.

Les substances qui prédominent sont le carbonate de chaux et le chlorure de sodium. La première occupe le premier rang dans trois sources; les quantités sont à peu près égales au réservoir d'Alfama, tandis que dans les deux bains analysés, la quantité de sel marin atteint le double de celle du carbonate de chaux.

L'explication de ce fait consiste en ce que dans les deux bains, on a cherché à isoler l'eau thermale, tandis que dans les autres cas on a au contraire cherché à augmenter le volume d'eau recueilli dans les strates tertiaires, sa température basse et sa moindre teneur en sel la rendant plus propre à l'alimentation. C'est pour cette raison que j'ai choisi l'analyse des eaux de D. Clara pour représenter les Alcaçarias dans le tableau général de la composition des sources (pag. 40.)

Gaz. — D'après les publications de Julio Pimentel et de M. le dr. Lourenço on sait que le gaz qui s'échappe des bouillons est principalement de l'azote.

M. le dr. Mastbaum a analysé le gaz recueilli au bouillon de la clairevoie du chafariz d'El-Rei et a reconnu :

Azote.....	97,6
Oxygène.....	0,8
Acide carbonique.....	1,6

100

Le volume des gaz en dissolution dans l'eau est indiqué pour le puits de Pena-Boquel, le réservoir d'Alfama et Bica do Jardim do Tabaco. Il varie de 21^{es},7 à 23^{es},2, et contient de l'oxygène, de l'azote en proportions à peu près égales à celle de l'air, et une faible quantité d'acide carbonique.

Anciennement, ces bains avaient la réputation d'être légèrement sulfureux et de développer une odeur faible d'acide sulfhydrique plus sensible un jour que l'autre.

Tavares dit qu'à l'occasion d'un nettoyage d'un de ces établissements, on recueillit un dépôt qui, après avoir été séché, brûla avec une flamme bleue en dégageant l'odeur d'acide sulfureux. Actuellement la source du milieu des bains du Duque a encore la réputation d'être sulfureuse, mais nous avons vu plus haut que c'est à tort.

Origine.— Au commencement du siècle dernier, la thermalité de ces eaux était attribuée à la quantité de soufre qu'elles étaient censées contenir. Cette idée s'est conservée dans le peuple qui lie l'idée de thermalité à celle de la teneur en soufre. La présence d'hydrogène sulfuré dans les eaux de l'arsenal lui prouve que les eaux plus chaudes des Alcaçarias et d'Estoril doivent aussi en contenir, d'où la conclusion que toutes ces eaux sont d'origine volcanique.

On entend même parfois cette affirmation dans la bouche de personnes instruites.

A la fin du siècle dernier, Link attribue la thermalité de ces sources à des gisements de charbon fossile brûlant souterrainement et ayant aussi produit le basalte.

Quelques années plus tard, Tavares émettait l'avis que la colline du château de S. Jorge renferme un foyer volcanique et voyait dans les basaltes la preuve de volcans éteints dont on reconnaît encore les cratères.

En 1853, Pézerat attribue l'alimentation des sources froides à une nappe d'eau remplissant une couche de sable comprise dans le tertiaire. Il passe légèrement sur la thermalité, qu'il attribue à une autre nappe d'eau, d'un niveau inférieur, qui tirerait son calorique d'une petite couche de lignite dont elle motiverait la décomposition.

Le rapport géologique de M. M. Costa et Pimentel, qui accompagne le projet de Pézerat, déclare que cette supposition n'est pas fondée; les auteurs du rapport admettent que les eaux profondes viennent se mélanger aux eaux des couches tertiaires en augmentant considérablement leur volume et en leur apportant le calorique.

Carlos Ribeiro va plus loin (pag. 13), il admet un système de failles dirigées du S. au N., se croisant avec la faille

principale E.-O. qui a produit l'ouverture du Tage près de Lisbonne».

La température maxima que nous ayons observée est de 31°, température qui est certainement abaissée par le passage à travers les alluvions et la canalisation.

Or, cette température de 31° correspond à un minimum de 440 mètres, ce qui est loin d'être atteint par les collines du voisinage. Le Monsanto n'a que 200 mètres, le massif de Canças n'en a que 300 et donne lieu à une telle quantité de sources que l'on ne peut pas admettre qu'il puisse en outre alimenter celles de Lisbonne. J'en dirai autant de la serra de Cintra, le seul massif qui aurait à peu près l'altitude nécessaire.

Force est donc de recourir aux origines profondes et d'admettre une rupture en cette partie du bord du Tage, quoique les sondages effectués plus à l'O. n'aient démontré qu'une flexure ¹.

Dans les considérations finales, j'examinerai si ces sources doivent ou non être considérées comme une dernière manifestation de l'action volcanique qui a produit la nappe basaltique des environs de Lisbonne. J'appellerai pourtant ici l'attention sur la grande analogie qui existe entre cette ligne de sources thermales de la rive du Tage et la ligne de sources d'Amieira, sourdant sur la rive d'un bras de l'estuaire du Mondégo, actuellement comblé. Dans cette dernière contrée, il n'y a pas de roches éruptives.

Remarquons aussi que les eaux ascendantes rencontrées par sondages soit à la place da Figueira, soit dans le Tage à l'O. du groupe thermal, ne présentaient pas de températures exceptionnelles.

Groupe d'Arrifana

Le village d'Arrifana est situé à 15 kilomètres au SO. de Coimbra, soit à 2 ¹/₂ kilomètres de Condeixa, au pied du massif bathonien qui forme l'extrémité septentrionale de la serra de Sicó et de Rabaçal. A 200 mètres au NO. du village, on voit un petit établissement de bains, indiqué sur la carte chorographique.

En ce point se trouvent trois sources, dont deux sont réputées thermales; ce sont probablement des déversoirs du trop-plein d'un cours d'eau souterrain alimenté par le massif cal-

¹ Voyez : Choffat, *Étude géologique du tunnel du Rocio*.

caire, car un puits foncé vers 1884 à peu de distance de ces sources, a dû être comblé, vu qu'il fournissait une telle quantité d'eau qu'elle envahissait les terres cultivées.

L'une de ces sources sort en abondance au bord de la route, par plusieurs fentes du calcaire bathonien. Le 1^{er} août 1887, sa température était approximativement de 19°, probablement un peu plus, car j'ai été obligé de retirer le thermomètre pour en faire la lecture.

150^m A 100 pas plus au S. se trouvent les bains dont la source est captée dans les grès crétaciques, la température était de 25°. Cet eau ne présente ni saveur ni odeur, de temps en temps il sort de nombreuses bulles de gaz. 1d

La troisième source se trouve à ~~100~~ ou 150 mètres au S. des bains: à la 1^{re} et 2^e aussi captée ^{ensemble} un ^{débouchement} à bains.

Ces observations faites avec un thermomètre ordinaire, et sans vider la piscine, paraissent montrer que l'on a affaire à des sources faiblement thermales, devant leur calorique au massif montagneux dont elles proviennent et dont l'altitude moyenne paraît être de 250 à 300 mètres, tandis que celle des sources est à ~~peine de 30 mètres.~~ ^{entre 25 et 28^m environ.} 25^m

Les traités des eaux minérales du Portugal ne parlent pas de ces eaux. Dans sa géographie du Portugal, M. Pery cite Condeixa au nombre des localités ayant des sources minérales et les autres auteurs se sont bornés à répéter cette mention. Je ne sais pas si c'est ce groupe de sources ou un autre que M. Pery avait en vue.

Il n'en a pas été fait d'analyses à Coimbra et probablement pas davantage à Lisbonne.

B. Sources thermales des aires tiphoniques¹

Presque toutes les régions tiphoniques présentent des sources thermales, et je suis persuadé que l'on ne connaît que les plus saillantes par leurs propriétés physiques, et que leur nombre s'accroîtra lorsque l'on aura plus d'observations sur la température des sources.

J'ai connaissance de six groupes de sources thermales se rattachant aux aires tiphoniques; il y aurait peut-être à y rattacher celles d'Arrifana, car les dislocations sur lesquelles elles se font jour ne sont certainement pas sans relations avec l'aire tiphonique de Soure. Elles forment passage à celles de

¹ Voyez la note au bas de p. 57.

Nouveaux essais on 20 décembre
1893 à 24.

- 1^{re} source 16,6 } 6,1²/₄
2^e source 22,8 à 23 } suivant les places, ^{peu de} bouillonnements
- 3^e — au tuyau, à 15 m du point d'émergence 19,8

Les 3 sources paraissent émerger de la même façon car on voit la 1^{re} sortir des crevasses du lathonius.

La 2^e est captée dans une petite chambre que l'on peut observer. La couche d'eau est peu haute, quoiqu'elle soit de la saison des pluies, ^{l'eau sort de} ~~des~~ différents points ~~successifs~~, des dégagements de gaz ~~sur~~ en bouillonnant, c'est à dire ~~par~~ dégagements de gaz pendant 1/2 minute puis il y a repos d'une minute et ~~de~~ nouveau dégagement. Il est probable que les ombrages du réservoir se posent sur le calcaire, et que le gaz s'échappe qui couvre le fond et a peu de profondeur.

- 3^e on ne peut pas observer le point d'émergence, il y a une canalisation
-
- 2^e bouteille noire, portugaise.
3^e source bouteille française et la bout. blanche

à 15^{em} environ par an. l'eau au bain. Le point
de captation est aussi dans le calcaire.

Il est donc probable que la diff^{er} de temp.
entre ces trois sources provient de la différence de
captation. La plus grande plus abondante est plus
froide, prob^{ab} à cause de mélange l'eau superficielle
ou l'accès de l'air dans les crevasses.

Le même jour la source de Condessa Velha, située
environ 30 m plus haut montrait 15,8. La 1^{re}
source de Araxana a donc 0,8 de plus, on trouve
ceci à voir qu'elle est la diff^{er} au été par sources tierces
de Condessa.

17. VI. 94 La source de Condessa Velha marquait 16,3 celsius
La diff^{er} entre les sources n° 1 et 2 est aussi de 6° au moins
en été qu'en hiver.

Altitude observ. Coimbra 1460^m temp. moy. 14° 68
" Araxana $\frac{25}{115}$ " approx. 15,68
Donc le n° 1 est aussi thermal

La nuit du 21 au 22. 1893 on a fait plusieurs observations
à cette source, le matin à plusieurs heures de la journée.

Cucos qui se trouvent sur des failles dans le Jurassique supérieur, à une faible distance de l'aire tiphonique.

Une seule source, Monte-Real, est au milieu de l'aire, toutes les autres émergent sur les bords, soit du contact du Triasique et du Jurassique supérieur, soit du Jurassique supérieur lui-même (Voyez les figures 2 à 5).

Le Jurassique supérieur plonge plus ou moins fortement en dehors de l'aire tiphonique. Il est généralement constitué par des calcaires recouverts de grès, l'épaisseur de ces calcaires étant parfois réduite à quelques mètres.

Ces groupes de sources sont énumérés (pag. 58) dans la succession que je donnerai à leur description ; c'est l'ordre géographique et en même temps l'ordre relatif à la position des sources par rapport aux bords des aires tiphoniques.

Le tableau (p. 40) montre leur composition chimique. Il fait voir que les sources analysées quantitativement ont toutes le chlorure de sodium comme substar.ce prédominante, quant au reste, leur composition est beaucoup plus variée que ne le ferait supposer leur analogie de provenance.

L'une d'entre elles, Leiria, a une minéralisation très faible tandis que les autres varient de 0,8 à 3,4 par litre. Celles du groupe de Caldas et celle de Monte-Real présentent seules l'hydrogène sulfuré.

Groupe de Cucos

(Fig. 5)

L'aire tiphonique de Matacães, qui coupe la chaîne du Montejunto en deux parties inégales, est limitée à l'O. par une ligne à peu près droite ne se déviant que fort peu de la direction N.-S.

A l'O. de cette ligne se trouve un massif montagneux formé par le Jurassique supérieur qu'il nous suffira, pour cette étude, de diviser en deux niveaux : un niveau inférieur, formé par des calcaires bien lités, en général un peu bitumineux et contenant quelques pyrites de fer, et un niveau supérieur, formé de grès plus ou moins argileux, et contenant quelques bancs de calcaires.

L'affleurement des calcaires a en gros la forme d'un losange orienté du N. au S. ayant 1700 mètres de long sur 1000 de plus grande largeur.

Il est affecté par des failles transversales à la chaîne du Montejunto, les unes dirigées plus ou moins du NE. au SO. et les autres plus ou moins du NO. au SE. l'angle qu'elles forment entre elles variant de 65° à 90°. Le Sizandro coupe ce massif calcaire en suivant d'abord une

faille dirigée vers le NO., puis une autre dirigée vers le NE. Nous mentionnerons en outre trois affleurements de roche éruptive, classifiée comme orthophyre par M. J. P. Gomes. Ils se composent d'une partie élargie, prolongée par un filon plus étroit, dont la direction a un rapport évident avec celle des failles.

Dans la partie du Sizandro qui coule vers le NO., au milieu de laquelle se trouve le moulin du Cabaço, le lit de la rivière entaille les calcaires, ou du moins les alluvions n'ont qu'une largeur insignifiante. Leur largeur est par contre assez forte dans la partie qui se dirige vers le NE., à l'extrémité de laquelle la rivière contourne les calcaires pour redescendre un peu vers le SO.

C'est de ces alluvions que sourdent les deux groupes de griffons connus sous les noms de Cucos et de Coxos. Les premiers sont dans la partie méridionale du coude formé par le Sizandro, les deuxièmes dans la partie septentrionale de ce coude.

La nomenclature de ces eaux est fort confuse. Tavares ne parle que de celles de Cucos qu'il désigne du nom de Torres-Vedras.

Un rapport de 1845¹ mentionne les deux groupes sous les noms de Cucos et Coxos, mais M. le dr. Lourenço n'accepte que celui de Cucos et désigne l'autre source sous celui de Torres-Vedras, contrairement à l'application de Tavares.

M. F. da Costa Felix décrit les deux sources avec les désignations du dr. Lourenço (pag. 63 et 92), mais croyant avoir affaire à trois, il décrit à part (pag. 105) la source de Coxos, confusion reproduite par M. A. L. Lopes (pag. 207, 210 et 379).

Je pense que la confusion n'est pas possible en employant les désignations de Cucos et de Coxos, quoique cette dernière source ne porte pas cette désignation dans le plan qui accompagne le «Guia dos Cucos», dans lequel elle figure sous le nom défectueux de «Aguas frias».

Actuellement, ces deux groupes de sources appartiennent au même propriétaire, M. José Gonçalves Dias Neiva, qui ainsi que son ingénieur M. Antonio Jorge Freire, a mis la plus grande obligeance à me faire visiter son établissement.

¹ José Maria de Oliveira e Silva, *As aguas mineraes de Torres Vedras. Diario do Governo* de 30 de abril de 1845.

Deux autres écrits parus dans le *Jornal das sciencias medicas de Lisboa*, 2.^e serie, t. V et dans le *Jornal da Sociedade Pharmaceutica Lusitana*, 2.^e serie, t. II, ne donnent rien de précis sur les propriétés physiques.

Sous-groupe de Cucos.¹

D'après les travaux de captation actuels, il y a lieu de distinguer trois points d'émergence disposés suivant un triangle d'environ 100 mètres de côtés.

a) Les anciens bains ou *Cucos velho* (I du plan ci-joint, fig. 5), qui servent pour le remplissage des bouteilles.

b) La source d'*Olival* (III du plan), non exploitée à cause de sa proximité de la rivière.

c) Les nouveaux bains ou *Cucos moderno* (II du plan). Ici on a deux sources de températures différentes, l'une chaude, à 7 mètres au-dessous du sol, et l'autre de température moins élevée, sourdant un peu plus haut. Les eaux de ces deux sources sont recueillies dans des réservoirs différents.

Les sondages effectués en 1890 près des nouveaux bains sont entrés dans les alluvions jusqu'à une profondeur de 8 mètres, mais c'est fort loin de représenter l'épaisseur maxima des alluvions, car le fond calcaire est très irrégulier.

Ces sondages ont en outre fait connaître la présence d'une nappe d'eau thermale à la profondeur de 3^m,40 auprès des nouveaux bains, profondeur qui serait exactement la même aux bains anciens.

L'épaisseur des alluvions augmente à chaque crue de la rivière et cet accroissement a fait varier les points d'émergence de l'eau. Les travaux exécutés aux nouveaux bains ont rencontré les restes d'un puits et d'un canal complètement recouverts par les alluvions, or Tavares n'en parlant pas, il est certain que leur souvenir était déjà perdu en 1810.

Tavares parle de dix griffons, qui, d'après M. Jorge Freire² seraient tous réunis dans le nouveau captage des anciens bains.

Température.— Jusqu'en 1890, les températures observées se réfèrent aux bains anciens; le puits étant muré, on prenait la température dans des fosses qu'il alimentait et qui se trouvaient dans des barraques de bois.

Tavares a mesuré la température des 10 griffons qu'il mentionne, et leur a trouvé des températures différentes, variant de 32° à 37°. La température de l'air était de 25°⁵, le ciel nuageux et un orage prochain. M. Jorge Freire en déduit

¹ Ces désignations sont empruntées au: *Guia das aguas minero medicinaes dos Cucos proximo de Torres Vedras*. Primeira parte, *Relatorio medico* pelo dr. A. M. da Cunha Belem e dr. Guilherme José Ennes. 2.^a parte, *Os Cucos descriptivo* por Antonio Jorge Freire, 3.^a e 4.^a parte, *Abonações e Regulamento* por José Gonçalves Dias Neiva.

² *Guia*, etc., pag. 74.

que ces observations ont été faites entre juin et septembre.

Tavares dit en outre d'après des informations, que les eaux qui marquaient 37° en ont marqué parfois 44°; cette variation étant en raison inverse de la chaleur atmosphérique. « Quelques-unes de ces sources refroidissent complètement depuis le milieu des canicules jusqu'à septembre et se réchauffent de nouveau en hiver, étant digne de remarque que celles qui sont le plus au NNE. et qui indiquent 37°, sont en hiver froides ou presque froides, et que celles qui indiquent 32° et 34° s'échauffent à cette époque, devenant plus chaudes que toutes les autres ».

Le rapport de 1845 dit que ces eaux varient chaque été, autant dans leur quantité que dans leur degré de chaleur, qui est toujours en rapport direct avec la quantité.

Le dr. Lourenço mentionne une température de 32°, celle de l'air étant de 22°. En juillet 1881, je lui ai trouvé 39° et 35° en octobre de la même année. Le thermomètre n'était certainement pas très exact, mais c'est le même qui m'a servi pour les deux observations.

M. M. Freire et Neiva ont trouvé 36,5 en novembre 1890 et 37,5 en janvier 1892, ce qui correspondait à un débit exceptionnellement fort.

Ces observations sont trop irrégulièrement espacées et trop peu nombreuses pour permettre des conclusions un peu détaillées. Il est à remarquer qu'en outre des erreurs dues aux différences des thermomètres, il faut tenir compte de la différence d'immersion, les anciennes baignoires étant chaque année envahies par le limon.

Malgré ces imperfections, il est incontestable que la température subit de grandes variations suivant les saisons.

L'indication du dr. Tavares que quelques sources sont froides en été et chaudes en hiver, tandis que les plus chaudes en été sont froides en hiver, doit-elle être considérée comme une simple fable? Je ne le pense pas, car si l'on considère qu'il parle seulement de la relation entre la chaleur des différentes sources, il se peut que les premières recevaient en hiver des mélanges de sources froides, tandis que les autres, moins chaudes en été, le sont comparativement davantage en hiver, si elles ne se mélangent pas à des infiltrations d'eau froide.

Actuellement qu'un captage sérieux garantit la constance des conditions d'observation, il sera possible de se rendre compte de la marche de la température, en descendant le thermomètre au fond des réservoirs. Il ne faut pourtant pas ou-

¹ Ce captage dans les alluvions ne doit pas effrayer les personnes qui se servent de ces eaux. Il est certainement peu de sources en Portu-

blier que le captage ayant été fait dans les alluvions¹ et non pas au point de sortie de la roche calcaire, il est probable que l'influence des saisons continuera à être bien sensible.

J'ai trouvé le 26 août 1892, au fond du réservoir de la source chaude des nouveaux bains, 33°,1 (corrigé) et au fond du réservoir des anciens bains, 30°,8.

Lors du captage, M. Freire a trouvé 27° à la source tempérée des bains nouveaux.

Composition. — En 1867 M. le dr. Lourenço a trouvé que l'eau des bains anciens contient 3^{gr},457 de principes fixes par 1000 grammes d'eau. Ce sont des chlorures de sodium, de potassium, de calcium et de magnésium, du sulfate de chaux, des carbonates de chaux et de magnésie et de la silice.

En 1890 ou 1891, M. J. dos Santos e Silva a trouvé 3^{gr},161 à la source chaude de Cucos moderno (?); cette analyse figure au tableau, pag. 40. Les substances prépondérantes sont le chlorure de sodium, le carbonate et le sulfate de chaux.

La composition doit nécessairement varier suivant les saisons.

Sous-groupe de Coxos.

Le lit du Sizandro, entre Quinta das Fontainhas et Peta (petite maison au sommet de la colline de Cabrito) entaille les alluvions sur une épaisseur de plus de 2 mètres. C'est dans le lit même que sont captées deux sources qui sont sous l'eau une partie de l'année, et qui en été reçoivent évidemment un mélange d'eau de la rivière, quoique son lit soit en grande partie à sec.

J'ai entendu affirmer qu'il n'y a que peu d'années que cette eau émerge dans le lit de la rivière, ce que prouve le rapport de 1845 disant qu'*au bord* de la rive gauche du Sizandro se trouve une forte source qui paraît sortir de la colline de Cabrito.

La colline de Cabrito n'est pas séparée des deux autres collines calcaires de même âge, situées au SE., par la simple action de l'érosion, mais par une faille facile à reconnaître, quoique son dénivellement soit peu puissant. Les strates sont disloquées, plongeant dans différentes directions, comme le fait voir la petite carte, fig. 5. C'est sans doute une de ces dislocations secondaires qui livre passage à l'eau.

On n'a pas fait d'analyse quantitative de cette eau; le dr.

gal où il ait été pris autant de précautions pour éviter le mélange avec les eaux de la rivière, et surtout le mélange avec les eaux ayant déjà servi dans l'établissement.

Lourenço a trouvé une minéralisation un peu plus faible qu'à Cucos, 2^{gr},442 par 1000 grammes d'eau, et aussi un peu différente, car il ne cite que des chlorures de sodium et de magnésium, des sulfates de potasse, de chaux et de magnésie et des carbonates de chaux et de magnésie.

Comme température, il donne 21°. J'ai observé 24° le 2 février 1890, 24°,7 en février 1891 et 24°,3 en août 1892. Ces températures sont des minima, car on ne peut les observer qu'à l'écoulement et non pas au fond du captage, et en outre par suite du mélange précité d'eau froide.

Origine des deux groupes de sources.

Au commencement du siècle, Link appliquait à ces eaux sa supposition de charbons brûlant souterrainement et produisant le basalte et les sources thermales.

Il l'appuyait sur la présence dans les environs de Torres-Vedras, de lignite, au sujet duquel l'Académie de Lisbonne avait ordonné une enquête vers 1783.

M.M. les dr. Antonio Manuel da Cunha Belem et Guilherme José Ennes paraissent avoir repris cette théorie neptuniste; nous lisons aux pag. 9 et 10 du *Guia das aguas*, «rien ne répugne, au contraire tout autorise à accepter qu'elles ont des masses de houille chargées de sel marin comme centre de production ou de transformation, car cette région se trouve sur les limites d'un vaste bassin carbonifère du pays».

Cette admission d'un bassin carbonifère n'a absolument aucun fondement, malheureusement pour les finances du pays¹, et quant aux quelques débris de lignites mentionnés par l'Académie en 1783, à Charneca près de Carvoeira, ils se trouvent dans des couches supérieures, et non pas inférieures aux calcaires jurassiques d'où émergent les sources, par conséquent le calorique produit par leur combustion ne pourrait pas avoir d'influence sur celui de ces sources.

Comme le dit M. Jorge Freire, il est possible que les trois sources de Cucos aient une origine commune, mais comme elles sont captées dans les alluvions, on ne peut pas dire si elles sortent du calcaire par un même griffon, ou par plusieurs fen-

¹ Nous verrons dans un instant que le calorique de ces sources correspond à une profondeur de 720 mètres, dont il faut déduire au minimum 150 mètres pour tenir compte des montagnes voisines. La profondeur de 600 mètres permet parfaitement l'exploitation d'un gîte de charbon important, mais ce gîte serait beaucoup plus près de la surface, puisque le calorique de l'eau ne serait pas seulement dû à la profondeur mais aussi en partie à la présence de ce charbon!

tes distinctes ; cette dernière supposition me paraît la plus probable.

Quant à celle de Coxos qui est séparée des autres par l'éperon calcaire de Cabrito, le doute n'est pas possible, surtout si l'on considère qu'elle sourdait, il y a un certain nombre d'années, de la pente du terrain et non pas du lit de la rivière.

Son point d'émergence correspond aux changements brusques de direction des strates que l'on observe dans l'éperon calcaire de Cabrito, mais le terrain n'est pas assez découvert pour vérifier si ce changement de direction est accompagné de ruptures de la roche ; en tous cas il ne paraît pas y avoir de faille transversale, mais peut être une faille suivant le pied de l'éperon, et le point d'émergence serait au croisement de cette faille avec le changement de direction des couches.

Elle sourd donc du calcaire par un griffon différent de celui ou de ceux de Cucos, mais l'origine est probablement commune, malgré les petites différences de composition. La différence de température peut provenir de la plus grande distance que l'eau parcourt dans la roche et en outre du mélange avec l'eau phréatique.

La température exacte des eaux de Cucos n'est pas connue, puisque la variabilité des observations prouve un mélange à des eaux froides. En prenant 40° comme maximum observé, on a probablement un chiffre un peu inférieur à la réalité, or ce chiffre correspond à une profondeur de 720 mètres. L'altitude du sol à la source est de 32 mètres ; celle du point le plus élevé de la colline de Manchêa n'est que de 162 mètres et celle du sommet du Montejunto, le point culminant de toute la contrée, est de 666 mètres.

Ce dernier point est à 19 kilomètres de Cucos, et la région montagneuse qui relie ces deux points va en s'abaissant de l'un à l'autre. La moyenne pour cette région montagneuse est tout au plus de 200 mètres, soit 170 mètres au-dessus des sources. Il s'en faut donc de beaucoup pour que l'on puisse expliquer leur thermalité par l'action des massifs montagneux de la contrée.

Ici comme dans les autres cas, ces sources thermales ne naissent pas auprès des masses éruptives et il est peu probable que des masses analogues soient cachées sous les alluvions, car elles auraient résisté à l'érosion.

On pourrait objecter que la petite vallée de Cucos est due à l'écartement des lèvres de la faille que j'y ai mentionné, mais les affleurements latéraux démontrent le contraire et toute personne qui l'aura visitée comprendra que la faille a simplement guidé le travail de l'érosion à laquelle auraient résisté les masses d'orthophyre, si elles y avaient existé.

Dans les conclusions générales, je reviendrai sur la question de la participation ou de la non participation de l'action volcanique à la production du calorique des sources thermales qui nous occupent. Pour le moment, je me bornerai à dire que je considère celles de Cucos comme provenant des eaux s'infiltrant à travers les calcaires du Jurassique moyen du Montejunto, et plongeant avec les strates imperméables à plusieurs centaines de mètres au-dessous du niveau de la mer, jusqu'à ce qu'elles rencontrent les dislocations de l'aire tiphonique de Matacães, qui leur permettent de remonter à la surface.

Groupe de Maceira (Vimeiro)

(Fig. 2)

Le calcaire du Jurassique supérieur, qui entoure la petite aire tiphonique de Maceira, a subi de nombreuses dislocations et est redressé verticalement et même renversé, comme l'indique fig. 2.

Cinq sources sourdent de ce calcaire, une sixième naît au contact du calcaire et des marnes infraliasiques.

En 1880, trois sources étaient exploitées au lieu dit Aguas Santas, sur la rive gauche du ruisseau, et une quatrième sourdait 100 à 200 pas à l'E. Sur la rive droite s'en trouve une cinquième, dont je n'ai eu connaissance qu'après ma visite, mais qui doit être dans les mêmes conditions.

La sixième se trouve à environ 1 kilomètre plus loin, près de Sertorius, sur la rive gauche du ruisseau. En ce point le calcaire est réduit à une épaisseur de quelques mètres.

Tandis que les eaux d'Aguas Santas n'ont presque pas de saveur, cette dernière source a un goût tellement désagréable qu'il empêche les habitants de s'en servir comme boisson.

Les eaux d'Aguas Santas ont une minéralisation moyenne, 0,826 par 1000 grammes, d'après M. le dr. Lourenço, qui leur a trouvé des chlorures de sodium et de magnésium, des sulfates de potasse, de chaux et de magnésie, et de la silice.

D'après les renseignements fournis au dr. Tavares, leur débit montrerait des oscillations diurnes attribuées à la marée.

Ce même auteur indique une température de 25°,5, tandis que le dr. Lourenço n'indique que 24°.

Ces chiffres correspondent à une épaisseur approximative de 250 mètres, tandis que les collines des environs n'atteignent qu'un maximum de 110 mètres; l'altitude des sources est tout au plus de 10 mètres.

Groupe de Caldas da Rainha¹

(Fig. 6)

L'aire tiphonique de Caldas présente plusieurs sources thermales, formant quatre sous-groupes naturels, situés sur sa limite orientale, les sources de Caldas étant les plus septentrionales.

Examinons-les du S. au N., en nous arrêtant plus longtemps à celles de Caldas, les seules qui aient été étudiées à plusieurs époques.

A.— San Mamède.

Tavares dit qu'une source sulfureuse se trouve dans la colline située à l'E. de S. Mamède, à deux portées de fusil du dit village. «Autrefois cette eau courait en quantité de plus d'une *telha*² vers le chemin qui relie S. Mamède à Bombarral, au lieu qui se nommait et se nomme encore *Aguas Quentes*. Entre 1770 et 1780, cette eau cessa de sortir de la source, à la suite d'un violent orage (d'après une tradition incertaine et vague) ou pour tout autre motif. Aujourd'hui (1810) elle est réduite à un petit puits qui existe au milieu d'un terrain cultivé. Cette eau a la même nature et toutes les propriétés des eaux de Caldas avec peu de différence dans le calorique».

Le lieu dit *Aguas-Quentes* se trouve auprès de la voie ferrée; vis-à-vis de *Roliça*, au pied d'un ravin avec four à chaux, on voit la margelle d'un puits comblé. Est-ce celui dont parlait Tavares?

En 1888, on voyait à 200 ou 300 mètres au S. de ce puits, du côté oriental de la voie ferrée, une mare d'eau, ayant environ 1 mètre de diamètre et peut-être autant de profondeur, d'où s'échappaient de grosses bulles de gaz se succédant rapidement. Ce fait m'avait été signalé par M. le dr. von Bonhorst qui l'avait observé du wagon, preuve de la fréquence et de la grosseur des bulles de gaz. Néanmoins, je n'ai pas pu reconnaître l'odeur d'hydrogène sulfuré et l'eau ne présentait aucun goût particulier. En 1890, je n'ai plus retrouvé cette mare qui a été comblée pour cultiver cet emplacement.

Elle se trouvait à peu près sur la limite de l'aire tiphonique, à l'altitude de 20 à 25 mètres.

¹ Mes observations thermométriques sur ce groupe ont été faites avec un thermomètre confronté à l'observatoire météorologique de Lisbonne avec un thermomètre étalon de la commission de Kew.

² La *telha* correspond à 108 mètres cubes par vingt-quatre heures.

B et C. — Sous-groupe d'Obidos.

Distance jusqu'à la source précédente, 5 kilomètres. En remontant le cours du rio da Vargem da Rainha ou Arnoia, on se trouve, à environ 500 mètres en amont du pont d'Obidos, dans une gorge coupée dans le calcaire du Jurassique supérieur et on voit une source abondante sur la rive droite du ruisseau. Nous la nommerons avec M. le dr. Lourenço, *source d'Obidos*; Tavares la nomme *Rio-Real*. Cette source d'une limpidité remarquable, dégage une forte odeur d'hydrogène sulfuré et forme un abondant dépôt de glairine. Son altitude est d'environ 10 mètres.

En avançant de quelques mètres, on se trouve dans le Valle das Flores, traversé par un fossé marécageux qui se déverse dans la même rivière. En remontant ce fossé, on le voit s'élargir subitement, à environ 150 mètres de la source précitée. C'est à ce point que l'on a fait des essais de captage d'une autre source sulfureuse. Cette source est désignée par Tavares sous le nom de *Source de Valle das Flores*, tandis que le dr. Lourenço se sert de la désignation défectueuse et prêtant à confusion de source d'Arrabidos¹.

Cette source sourd au milieu d'un terrain d'alluvions, compris entre les calcaires du Jurassique supérieur à l'E. et les grès qui les recouvrent normalement à l'O. Elle est située en dehors de l'aire tiphonique, à 150 ou 200 mètres de sa limite, sur une faille secondaire.

La source d'Obidos que nous venons de voir se trouve aussi en dehors de l'aire tiphonique, mais beaucoup plus rapprochée de sa limite. Comme elles ne sont séparées l'une de l'autre que par du terrain d'alluvion, on est amené à croire qu'elle dérive de celle de Valle das Flores, d'autant plus que la source d'Obidos a, à plusieurs reprises, changé de point d'émergence et qu'elle se trouve de 1 à 2 mètres en contre-bas de la première.

D'après Tavares, cette source sourdait autrefois en aval de son point d'émergence de 1810 et d'après ce qui m'a été dit elle aurait émergé de mémoire d'homme sur la rive gauche du ruisseau, puis sur la rive droite, à environ 4 mètres de la rive. Enfin lorsqu'on construisit le chemin, on combla la source qui vint sourdre dans la berge du ruisseau.

L'hypothèse d'une origine par dérivation d'une partie de l'eau de la source de Valle de Flores paraît confirmée par sa température un peu plus basse, et au contraire infirmée par sa minéralisation plus forte.

¹ Ces différentes dénominations ont amené de la confusion. M. Brandt croit à la présence de quatre sources : Rio Real, Valle de Flores, Fonte dos Arrabidos et Fonte d'Obidos.

Température. Tavares attribue à la source d'Obidos une température de 23°,3 seulement, le dr. Lourenço 27°,4, je lui ai trouvé 26°,7 en juillet 1890.

Le puits de la source de Valle de Flores a 28°,8 d'après Tavares, 29°,2 d'après Lourenço; je lui ai trouvé 28°,6, chiffre certainement un peu inférieur à la réalité.

D.—Source de Quinta das Janellas (Caldas das Gaieiras). Distance jusqu'à la source précédente, 1400 mètres.

Cette source émerge dans une petite maison située à environ 80 mètres à l'E. d'une maison de campagne nommée quinta das Janellas ou quinta das Gaieiras. C'est le premier nom qui figure dans la carte chorographique du royaume; il a l'avantage de ne pas prêter à confusion avec le hameau de Gaieiras situé sur le plateau, à 700 mètres plus au NE.

Le sol est en grande partie recouvert par des dépôts superficiels; pourtant, en parcourant les sentiers qui aboutissent à la quinta, on s'assure facilement que l'on se trouve sur les marnes infraliasiques. En arrière de la source se trouve par contre le calcaire du Jurassique supérieur, dont les strates sont relevées à 70°. Cette source se trouve donc à la limite de l'aire tiphonique.

Cette source est plus élevée que les autres sources du même groupe. D'après la carte de l'état major, son altitude serait d'environ 80 mètres.

Le dr. Tavares indique une température de 33°,3 qui serait constante; M. le dr. Lourenço indique 32°,8. En juillet 1890, j'ai dû me contenter de prendre la température de l'eau du bassin, qui était de 31°,5.

Tavares cite une source de même composition, quoique moins chaude et de faible débit, sourdant à une portée de fusil à l'E. de la première, dans les propriétés de l'ancien couvent des *Arrabidos das Gaieiras*. Je n'ai pas pu obtenir de renseignements à son sujet.

E.—Sous-groupe de Caldas da Rainha.

Distance jusqu'à la source précédente, 4 kilomètres.

Jusqu'à Obidos, il est facile de suivre la limite de l'aire tiphonique, mais ce n'est plus le cas au N. de ce point. A Quinta das Janellas, il faut déjà une recherche attentive pour découvrir les marnes infraliasiques cachées par le Pliocène et pour découvrir les calcaires du Jurassique supérieur cachés au milieu du bois. En continuant vers le N., les calcaires ne sont visibles que dans les carrières qui les ont mis à découvert au-dessus de sables pliocènes devenant de plus en plus puissants. La dernière carrière avant Caldas se trouve immédiatement à l'E. d'Arenal.

500 mètres plus au N., un ravinement profond au bord de l'ancienne route montre une dernière fois le calcaire, puis nous arrivons à Caldas, où les sables pliocènes s'étendent jusqu'aux grès du Jurassique supérieur qui affleurent dans tous les ravins venant de l'E.

Le ruisseau qui entre dans le parc D. Carlos, après avoir traversé les propriétés de la fabrique de faïences, a enlevé ces sables et a découvert les marnes infraliasiques visibles sur le flanc du coteau sur une longueur de 100 mètres. En 1890, pendant la construction du canal, actuellement couvert, destiné à recevoir ce ruisseau sur son parcours à travers le parc, ces marnes étaient visibles sur une longueur de 200 mètres.

Les bâtiments de Caldas empêchent d'observer le sous-sol, mais, en sortant de la localité par la route d'Alcobaça, on peut observer les marnes infraliasiques dans les fossés, et la colline qui limite la plaine vers l'E. présente plusieurs carrières où l'on peut voir le contact de ces marnes avec les calcaires du Jurassique supérieur, surmontés de grès de la même époque.

Quoique le terrain soit masqué à l'emplacement des bains, nous pouvons affirmer qu'ils se trouvent sur la limite de l'aire tiphonique, ou immédiatement en dehors de l'aire.

Au nord des bains, la faille est dirigée NNE. à SSO. tandis qu'au S. elle est presque dirigée du N. au S. Les bains se trouvent sur ce changement de direction qui est probablement lié à une faille perpendiculaire à la première, ce que le recouvrement du terrain ne m'a pas permis de constater. Cette dernière faille correspondrait au bras de la lagoa d'Obidos, nommé Braço da Barrosa, où le changement de direction des strates est bien visible.

Les eaux thermales de Caldas naissent de cinq groupes de griffons qui sont, du N. au S.: (Voyez fig. 6,) I, la *Source du nord*, découverte il y a quelques années, sourd sous le mur même de l'édifice, de même que quelques griffons sourdent sous les murs qui entourent les piscines; II, la piscine claire des femmes; III, la piscine sombre des femmes; IV, le Pocinho; V, la piscine des hommes.

La totalité des griffons connus peut être comprise dans un trapèze (ligne pointillé sur le plan) dont les côtés parallèles seraient à peu près orientés du N. au S. Le plus long, occupe le côté oriental et a 33 mètres de long, l'autre en a 25 et la hauteur du trapèze est de 11 mètres.

Rien ne nous dit que les griffons connus soient les seuls qui existent, car on n'a pas de renseignements sur l'état des sources avant les constructions de D. João. Une ancienne tradition prétend même qu'une source se trouve sous l'autel de l'église bâtie vers la fin du xv^{ème} siècle, ce qui étendrait considéra-

blement vers l'E. l'aire occupée par les sources, et l'amènerait au pied même de la colline, mais rien ne prouve que cette tradition ait une base sérieuse.

Pourquoi, en effet, se créer des difficultés, en construisant sur une source? On objectera que la source du N. naît au-dessous d'un mur, mais je suis tenté d'attribuer sa présence en ce point à un déplacement, cas analogue à celui de la source d'Obidos et de tant d'autres.

Mettant de côté les hypothèses pour ne nous occuper que de ce qui est connu, nous voyons que la source du N. est celle qui est la plus rapprochée de la colline. Le contre-maître qui a dirigé les travaux d'adaptation d'une pompe dit que l'on a rencontré *pedra lioz azulada*, or dans cette contrée, du calcaire compact et bleuâtre ne peut appartenir qu'au Jurassique supérieur.

Le sol des piscines est couvert de sable que l'on y apporte chaque année; à 0^m,50 au-dessous du sable fin se trouvent des cailloux, fragments de briques, etc., mélangés à un sable chargé de limon. Ils sont apportés dans la piscine avec le sable, et se réunissent au fond par suite du mouvement que l'eau ascendante imprime à ce dernier. Une barre de fer enfoncée dans ce limon y a pénétré jusqu'à une profondeur de plus d'un demi-mètre sans rencontrer de résistance, pourtant les murs épais qui entourent les piscines doivent reposer sur une base solide.

L'altitude des griffons de Caldas est environ de 46^m,50.

Avant d'examiner plus en détail les observations faites sur les eaux de Caldas¹, mettons en regard les chiffres donnés par le dr. Lourenço sur les différentes sources du groupe.

	Température	Résidus fixes Grammes	Acide sulfhydrique Grammes
Caldas.....	33°,8	2,785	0,0085
Quinta das Janellas.....	32°,8	2,2766	0,00867
Valle de Flores.....	29°,2	2,564	0,004169
Obidos.....	27°,4	(a) 2,7325	0,004465
S. Maméde.....	Analogue à Caldas d'après Tavares.		

(a) Le texte français porte 2,6325, je ne sais pas lequel est exact.

Les gaz qui se dégagent de ces sources ne paraissent avoir été analysés que par Julio Pimentel, et pour une des sources de

¹ Rappelons encore que nous avons vu que la source d'Agua-Santas n'a pas de rapports d'origine avec celles de Caldas.

Caldas seulement. Il a rencontré la composition suivante pour cent de gaz :

Acide carbonique et un peu d'acide sulfhydrique ..	16
Protocarbure d'hydrogène.....	3
Oxygène.....	1
Azote.....	80

Les gaz en dissolution dans l'eau n'ont aussi été déterminés que pour Caldas ; en 1849 et en 1858 par Julio Pimentel pour l'eau des bains, et en 1876 par M. Santos e Silva pour l'eau de la source du N. Voici leurs résultats en volumes, par 1:000 grammes d'eau :

	1849	1858	1876
Oxygène.....	1 ^{re} ,398	1 ^{re} ,08	—
Azote	21 ^{re} ,679	16 ^{re} ,70	22 ^{re} ,25
Acide sulfhydrique	3 ^{re} ,148	4 ^{re} ,75	7 ^{re} ,39
Acide carbonique.....	35 ^{re} ,325	61 ^{re} ,20	80 ^{re} ,46

Observations sur les propriétés physiques et la composition chimique
des eaux du sous-groupe de Caldas¹

Il est fort surprenant que des eaux employées depuis aussi longtemps que le sont celles de Caldas, et ayant un médecin attiré depuis 1775, n'aient pas donné lieu à des observations assez complètes et assez rigoureuses pour permettre des déductions certaines. L'examen de ce qui existe permet pourtant d'arriver à quelques conclusions et à quelques généralités.

La littérature concernant ces eaux est fort copieuse, on la trouvera in-extenso dans le mémoire de M. A. L. Lopes, et je me borne à citer les ouvrages qui m'ont fourni quelques renseignements ; je ne connais du reste les autres que par les extraits des auteurs qui suivent :

1781. Dr. J. I. de Seixas Brandão, *Memorias dos annos*

¹ Je tiens à remercier publiquement D. Rodrigues Berquó pour l'obligeance qu'il a mise à me donner des renseignements sur les eaux de Caldas, et à me faciliter les quelques observations que j'y ai faites, malheureusement ces observations ont dû être fort limitées à cause de la présence des baigneurs.

1775 a 1780 para servirem de historia á analyse das virtudes das aguas thermaes das Caldas da Rainha. Lisboa.

1795. G. Withering, *Analyse chimica da agua das Caldas da Rainha*. Lisboa.

1810. Tavares, loc. cit.

1850. Julio M. de Oliveira Pimentel (plus tard vicomte de Villa Maior), *Analyse das aguas mineraes das Caldas da Rainha, feita em julho de 1849*. Memorias da Academia real das sciencias de Lisboa, t. II, 2.^a serie.

1858. Idem, *Memoria sobre as Caldas da Rainha*, Annaes das sciencias e lettras da Academia real das sciencias de Lisboa.

1876. Joaquim dos Santos e Silva, *As aguas thermaes das Caldas da Rainha*. Coimbra.

Nous examinerons successivement le débit, la température et la composition chimique.

Débit. Le dr. Tavares cite des années de grande sécheresse et d'autres de grandes pluies, pendant lesquelles le débit des sources n'aurait pas varié. Cette affirmation ne repose sans doute pas sur des jaugeages, en tous cas, elle ne s'applique pas à notre époque.

Julio Pimentel (1849, pag. 7) dit que l'eau sortant du canal collecteur et qui faisait tourner un moulin était d'environ 2 mètres cubes par minute, ce qui ferait 2.800.000 litres par jour, chiffre qui paraît exagéré.

En 1876, M. J. dos Santos e Silva publie cette phrase très significative: «La diminution progressive qui depuis trois ans s'observait dans la quantité des eaux des sources du bain des hommes, et qui dans ces derniers temps a été beaucoup plus considérable...»

C'est cette diminution qui a motivé le captage de la source du N., laquelle, suivant un jaugeage de 1875, donne 3,5 litres par seconde, soit 302.400 litres par jour.

De 1878 à 1883, le directeur des bains fit faire un certain nombre d'observations conservées dans les archives de l'établissement.

Les eaux sortent par deux canaux: l'un réunit la source du N. et les bains des femmes, l'autre le bain des hommes et le Pocinho, mais le point où l'on peut faire le jaugeage est en amont de cette dernière source, dont il faut donc faire abstraction.

En 1890, la diminution de l'eau du bain des hommes était tellement évidente que les employés en causaient avant que le jaugeage l'ait démontrée.

	Nombre de litres par minute		
	Côté du nord	Bain des hommes	Total sauf Pocinho
Septembre 1878.....	-	250	-
Mai 1879.....	-	426	-
Juin 1879.....	1:000	375	1:375
Février 1880.....	-	214	-
Mai 1880.....	-	300	-
Juillet 1880.....	1:000	230	1:230
Novembre 1881.....	1:075	230	1:305
Mars 1882.....	-	230	-
Avril 1884.....	1:050	-	-
- 1887.....	1:000	230	1:230
Juillet 1890.....	1:150	188	1:338

En 1892, la quantité d'eau avait augmenté, aussi bien dans le bain des hommes que dans les bains des femmes, ce que l'on pouvait constater par le temps moins long nécessaire au remplissage des piscines.

J'ai assisté au jaugeage de 1890 qui a été fait sur ma demande; le mode de procéder est assurément fort peu exact, mais comme c'est la même personne qui a fait tous ces jaugeages, on peut admettre que l'erreur s'est produite dans le même sens.

Ces observations sont trop irrégulièrement espacées pour que l'on puisse juger de l'influence des saisons, mais on peut voir jusqu'à un certain point l'influence de la totalité de l'eau tombée pendant la saison pluvieuse sur le débit estial.

Pluie à Lisbonne en millimètres				Débit des sources	
De septembre 1877 à juin 1878.....		498		-	
" 1878 " 1879.....		886		1:375 (Juin 1879)	
" 1879 " 1880.....		651		1:230 (Juillet 1880)	
" 1888 " 1889.....		810		-	
" 1889 " 1890.....		491		1:338 (Juillet 1890)	
" 1890 " 1891.....		530		analogue (1891)	
" 1891 " 1892.....		970		fort (Juillet 1892)	

La quantité d'eau tombée à Lisbonne n'est évidemment pas égale à celle de la région de Caldas, mais on peut, je crois, admettre une certaine proportionnalité, c'est-à-dire des années pluvieuses et des années relativement sèches.

Nous pouvons donc conclure de ce tableau que le débit estial est influencé par la pluie tombée dans la saison pluvieuse précédente, et non pas dans l'avant-dernière, comme on pourrait être tenté de le croire, vu la profondeur d'où doivent provenir ces eaux.

D'un autre côté, il est évident que l'on a fait ces jaugeages parce que le débit diminuait, de sorte qu'on peut les considérer comme donnant des minima; on peut donc admettre un débit moyen de près de 2.000.000 de litres par jour sans crainte d'exagération, car ce débit correspond à 1:390 litres par minute.

Je ne pense pas qu'il y ait eu de grands changements dans la position des griffons, sauf peut-être l'apparition de la source du N. Les griffons latéraux des piscines ont leurs positions fixées par les ouvertures ménagées dans les murs construits vers 1750, et J. J. de Seixas Brandão (1775) parle déjà d'un grand griffon au milieu du bain des hommes.

En 1892, le griffon n.º 6 du bain clair des femmes avait changé de place par rapport à 1890 et 1891, et occupait la position indiquée sur le plan par les lettres *a*, *b* et *c*.

Température.— J. I. de Seixas Brandão a parfaitement indiqué que les différents griffons ont des températures différentes, mais il croyait à l'invariabilité de ces températures. Il dit que de fréquents essais, effectués du milieu de 1775 au commencement de 1779, lui ont toujours donné les résultats suivants :

<i>Bains des hommes.</i> —Griffons froids. Minimum...	33º,3 à 33,9
Griffon chaud au milieu du bain et aux deux griffons au pied de la pompe. Maximum.....	35º,0
Dans les deux <i>bains des femmes.</i> Griffons froids.	
Minimum.....	33º,3
Griffons chauds. Maximum.....	34º,4

Julio Pimentel a été moins exact, car il dit avoir essayé tous les griffons et que la température observée a été pour tous de 34º en 1849 et de 33º,4 en 1858.

M. J. dos Santos e Silva a trouvé 34º,5 à la source du N., les 11, 12, 13 et 14 avril 1876.

D'après les observations de 1878 à 1883, dont il a été question à propos du débit, la température de la source du N. et celle des trois piscines aurait varié de 33º,5 à 34º,5. Ce n'est ni une déperdition, ni une augmentation constante; elle paraît liée aux saisons, ce qu'il n'est pas possible de vérifier, vu les espaces irréguliers qui séparent ces observations. Je crois pourtant intéressant de donner une petite série de quatre observations, la seule qui soit un peu continue.

	Nord	Hommes	Femmes
Juin 1879	34°	34°,1	34°
Février 1880	33°,9	33°,9	33°,9 bains clairs 34°,3 " sombres
Mai 1880	33°,5	33°,5	33°,5
Juillet 1880	34°,0	-	33°,5

Remarquons en outre que le Pocinho montre les plus grandes variations, ce qui est probablement dû à la faiblesse de la source. Il paraît y avoir déperdition continue, mais je n'ai pas pu observer si elle se maintient, parce que l'observation de la température nécessiterait le démontage de la pompe.

De 1878 à 1879.....	33°,7 à 34°
De 1880 à 1881.....	32°,7 à 33°,1
En 1882.....	31°,5
En 1883.....	30°

Il ne me reste plus qu'à mentionner les observations que j'ai faites en juillet 1890 et août 1892.

	Températures		
	1890	1892	
I. Source du N., au milieu de la hauteur de l'eau	33,3	-	
II. Piscine claire des femmes..	(Griffon n° 1	33,5	-
	Griffon n° 2	33,5	32,6
	Griffon n° 3	33,7	-
	Griffon n° 4 (source la plus abondante)	33,7	32,7
III. Piscine sombre des femmes..	Griffon n° 1	33,7	-
	Griffon n° 2	33,6	-
	Griffon n° 3	33,8	32,6
	Griffon n° 4	33,8	32,5
	Griffon n° 5	33,3	32,5
	Griffon n° 6	33,7	32,5
IV. Piscine des hommes	Griffon n° 1	33,6	-
	Griffon n° 2 (0 ^m ,2 au-dessus du sol) ..	32,1	-
	Griffon n° 3 (bouillon froid)	29,6	30,7
	Griffon n° 4	33,6	32,4
	Griffon n° 5 (0 ^m ,2 au-dessus du fond)	30,7	-
	Griffon n° 6	33,4	32,6

En 1892, la température générale de la piscine sombre des femmes était de $32^{\circ},2$ et celle de la piscine des hommes de $32,1$; en 1890 elle était de $32^{\circ},5$ dans cette dernière piscine.

Aux deux époques, le thermomètre a été vérifié par M. Cappello immédiatement après mon retour à Lisbonne.

Ces observations donnent lieu aux remarques suivantes : La source du N., qui est une des plus fortes et qui sourd directement de la roche calcaire, devrait avoir une température fort élevée; le nombre trouvé, $33^{\circ},3$, est certainement inférieur à la réalité puisqu'il est pris dans le réservoir et non dans le griffon.

La source réputée la plus forte de toutes se trouve dans la piscine claire des femmes (II, n^o 4), c'est le griffon le plus rapproché de la source du N. En 1890, sa température était de $0^{\circ},1$ inférieure aux sources les plus chaudes de la piscine sombre, tandis que le contraire avait lieu en 1892.

En 1890, le bouillon du milieu des bains des hommes (v. n^o 4) avait $0^{\circ},2$ de plus que celui du coin (n^o 6) et le contraire avait lieu en 1892, pourtant cette dernière année, la température a été prise au fond du bouillon, ce qui n'avait pas eu lieu en 1890.

La source dite froide (n^o 3) est à $2^m,50$ du bouillon du milieu, qui est toujours un des plus chauds. La température indiquée est bien supérieure à la température réelle, parce que je n'ai pas pu empêcher le mélange d'eau chaude; l'isolement a été encore moins complet en 1892, ce qui explique peut-être sa température plus élevée. Il est fort curieux que cette source à température inférieure à celle des autres présente un dégagement de gaz tout aussi abondant, sinon plus abondant.

Je ferai encore remarquer que les températures de $30^{\circ},7$ (n^o 5) et de $32^{\circ},1$ (n^o 2) proviennent de ce que l'eau a perdu de son calorique en coulant dans la muraille.

De ce qui précède, il résulte que la température générale subit des hauses et des baisses suivant les années, les mêmes températures se reproduisant depuis plus de cent ans, et que le rang assigné aux griffons par leur température n'est pas toujours le même. Il y a plus, la plus haute température observée est tantôt dans un des sous-groupes, tantôt dans un autre. Actuellement elle se trouve dans la piscine sombre des femmes, tandis que de 1775 à 1779, elle était dans la piscine des hommes.

Le minimum de toutes les sources (v. n^o 3) est actuellement dans la piscine des hommes, sa température exacte n'est pas connue. Le maximum observé est de 35° en 1775, tandis que $34^{\circ},5$ s'est représenté à plusieurs époques.

Composition chimique.— D'après J. Pimentel et J. dos Santos e Silva, la première analyse présentant quelque confiance est celle de Withering, exécutée en 1793. Je l'ai prise en considération, quoiqu'elle soit interprétée de trois manières différentes.

Celles qui lui ont succédé sont :

1849 et 1858.— *J. Pimentel*. Piscine. Analyses quantitatives complètes.

1862 et 1867.— *Dr. Lourenço*. Analyse quantitative complète et analyses qualitatives des sources II, III, IV, V.

1876 (avril).— *Santos e Silva*. Analyse quantitative de la source du N. Analyse qualitative de la piscine des hommes.

1889 (mai).— *João Holtreman do Rego*¹. Piscine claire des femmes, source n° 4. Analyse qualitative et détermination du poids des matières fixes et des gaz.

Le tableau suivant met en présence les substances principales, les chiffres romains indiquant leur rang d'abondance.

Les autres corps en quantités pondérables sont : chlorure d'ammonium, sulfate de potasse, carbonates de fer et de manganèse, phosphate d'alumine, iodure de sodium (Lourenço).

M. J. Pimentel mentionne du sulfure de sodium en quantités pondérables (0,0024 et 0,0027). Le dr. Lourenço ne mentionne pas cette substance, mais par contre des traces de sulfure d'ammonium, tandis que M. Santos e Silva n'a pas trouvé de sulfures, quoiqu'il ait voué une attention toute spéciale à leur recherche.

Ces auteurs mentionnent à l'état de traces : bromure de magnésium, sulfates de baryte et de strontiane, lithine, azotate de soude.

M. Holtreman do Rego m'écrit qu'il a rencontré en quantités pondérables : fluor, cesium, rubidium, zinc, nickel, cobalt, cuivre, plomb, acide borique, acide titanique, hydrogène arsénié, et des traces d'antimoine et de thallium ; en outre, des acides gras, volatiles (acide butyrique, propionique, acétique et formique) qui seraient aussi en quantités pondérables.

¹ M. Holtreman a eu l'obligeance de me communiquer les résultats de son analyse qui est restée inachevée, n'ayant pas reçu l'avis de la terminer.

	1793	1849	1858	1862	1876	1889
Température	33° 9	34° 5	33° 4	33°	34° 5	34° 5
Matières fixes	5,5407 (?)	2,4250	2,6277	2,755	3,207	3,03
Chlorure de sodium	I. 2,409	I. 1,452	I. 1,594	I. 1,643	I. 1,730	-
" de magnésium	II. 1,042	V. 0,047	-	-	V. 0,179	-
Sulfate de chaux	IV. 0,716	II. 0,478	II. 0,428	II. 0,639	II. 0,739	-
" de magnésie et de soude	II. 1,042	III. 0,249	III. 0,395	III. 0,219	III. 0,291	-
Carbonate de chaux	V. 0,195	IV. 0,136	IV. 0,209	IV. 0,196	IV. 0,196	-
" de magnésie	VI. 0,058	-	-	V. 0,078	VI. 0,059	-
Silice	VII. 0,012	VI. 0,015	-	VI. 0,020	VII. 0,020	-
Azote	?	?	?	?	0,025	0,024
Acide sulfurique libre	?	0,005	?	0,008	0,010	0,009
" carbonique libre	?	?	?	0,169	0,141	0,141
" carbonique des bicarbonates	?	0,059	0,092	?	0,118	0,118

Deux séries de questions se posent tout d'abord à notre examen, ce sont la possibilité de variations d'une source à l'autre, et les variations dans le temps.

1. *L'eau des différentes sources présente-t-elle la même composition chimique?*

A en juger par les grandes différences de température, on doit attendre une réponse négative. Malheureusement les chimistes ont généralement analysé le mélange de l'eau, en donnant comme prétexte que c'est ce mélange qui sert aux malades, et sans s'arrêter à l'idée qu'il serait peut-être utile d'administrer séparément l'eau de chaque griffon.

Julio Pimentel (1849 pag. 11) montre que la température et la quantité de soufre et l'hydrogène sulfuré sont moindres au Pocimho que dans les piscines, ce qu'il attribue au mode fort défectueux en usage à cette époque pour tirer l'eau du Pocimho. Cette observation n'est donc pas concluante.

La phrase suivante du dr. Lourenço veut-elle dire qu'il a analysé séparément l'eau des différents groupes de sources, ou bien s'est-il laissé guider par les caractères les plus saillants? « Les eaux prises dans les trois piscines, ainsi que l'eau d'un puits qui fournit les eaux qui servent à boire, présentent des propriétés physiques et une composition chimique tellement analogues, que nous sommes portés à croire que toutes les sources qui jaillissent en cet endroit ont la même origine ».

En admettant qu'il ait réellement examiné séparément ces quatre groupes de sources, il n'a en tous cas fixé que l'acide sulfhydrique et la totalité des résidus fixes.

M. J. dos Santos e Silva a analysé qualitativement l'eau de la piscine des hommes, et y a trouvé les mêmes substances que dans l'eau de la source du N., ces eaux présentaient en outre la même densité, la même quantité de matières fixes et la même quantité d'acide sulfurique.

L'eau d'une des piscines des femmes contenait la même quantité de chlore que l'eau de la source du N. (pag. 47).

Nous voyons en outre une analogie remarquable entre l'eau de la source du N. et celle de la plus forte source des bains des femmes analysée par le dr. Holtreman.

Ces données sont insuffisantes et il n'est pour le moment, pas possible de répondre à cette question.

2. *La composition chimique a-t-elle varié dans le temps?*

A en juger par l'analyse de Withering, on croirait à une variation importante, mais les chiffres paraissent reposer sur une erreur, et cette analyse ne doit être prise en considération que pour le rapport entre les différentes substances.

J. Pimentel admet que l'analyse de Withering a porté sur 16 livres d'eau et non pas sur 8 comme il le dit. M. Santos e Silva croit que l'erreur vient de la conversion des poids. Si on prend donc la moitié de ses résidus par litre, on aurait 2^{er},77036, ce qui est d'autant plus probable que, quinze ans auparavant, J. J. de Seixas Brandão trouvait 2^{er},614.

Ces chiffres nous montrent que la minéralisation a légèrement augmenté, tout en subissant de légères fluctuations.

Dans toutes ces analyses le chlorure de sodium est la substance prédominante; il forme plus de la moitié de la totalité des matières fixes.

Dans toutes ces analyses, sauf celle de Withering, l'ordre de succession est le même pour les quatre substances les plus abondantes, tandis que cet ordre est modifié dans celle de Withering par suite de l'abondance du chlorure de magnésium et du sulfate de soude.

Les différences sont faibles assurément, mais on ne peut pas dire que la composition de l'eau soit constante, car si ces faibles différences n'avaient pas leur importance thérapeutique, la plupart des sources que nous venons de voir auraient exactement les mêmes propriétés et toutes celles qui n'ont pas d'hydrogène sulfuré en proportions sensibles pourraient être avantageusement remplacées par l'eau de mer additionnée d'eau douce.

Considérations géologiques sur les sources de l'aire de Caldas

Comme nous l'avons vu, les propriétés des eaux de ce groupe sont loin d'être suffisamment connues, quoique ce soient les plus étudiées de toutes.

Résumons les brièvement:

1. La composition chimique a subi dans le temps de légères variations, et il est probable que tous les griffons ne présentent pas exactement la même composition.

2. La température subit de légères variations, il est probable qu'elle diminue lorsque la quantité d'eau augmente. Elle est en outre différente d'un griffon à l'autre.

3. Le débit est fort variable du côté S.; il l'est moins du côté N., mais on ne peut pas dire si l'augmentation d'un côté entraîne la diminution de l'autre. Une source, S. Mamède, s'est complètement perdue.

4. Toutes ces sources sont alignées sur la fracture longitudinale qui limite le flanc oriental de l'aire tiphonique. Les deux groupes principaux, Obidos et Caldas, se trouvent sur le croisement de cette ligne avec des dislocations transversales im-

portantes, modifiant les formes orographiques de la contrée.

Les altitudes approximatives sont, du S. au N. :

S. Mamède.....	20 mètres
Obidos	10 »
Quinta das Janellas.....	80 »
Caldas.....	47 r

Elles sourdent aux points les plus bas des affleurements de la cassure, sauf celle de Quinta das Janellas qui sourd sur la colline séparant le thalweg d'Obidos de celui de Caldas.

Les masses ophitiques de la région ne sont pas en connexion avec les sources thermales, les ophites de Roliça sont situés à 5 kilomètres au NO. d'Obidos et deux tiphons de la même roche, près de Famalica, sont à 16 kilomètres au NNE. de Caldas.

Les sources de Caldas sourdent avec une température d'environ 34°; la profondeur d'environ 530 mètres qui y correspond n'est qu'un minimum, car la dispersion des griffons fait voir que le canal d'ascension est fort irrégulier et qu'il y a par conséquent beaucoup de calorique perdu.

Les collines qui entourent Caldas et Obidos n'atteignent pas une altitude de 200 mètres, et les montagnes les plus élevées, Serra dos Candieiros et Montejunto, situées à une vingtaine de kilomètres, n'ont pas une altitude moyenne de 400 mètres. La température que ces masses peuvent communiquer aux eaux qu'elles contiennent, subirait en outre un abaissement pendant le parcours au-dessous des régions basses s'étendant entre ces montagnes et les points d'émergence.

La question de l'origine volcanique étant éliminée des considérations spéciales à chaque groupe de source, nous avons à recourir à l'explication par circulation profonde.

Une première tentative d'explication de ce genre, datant de plus d'un siècle, est due au dr. Seixas Brandão, qui admet que ces eaux viennent des profondeurs de l'Océan par des canaux souterrains, entraînant sur leur parcours des pyrites marcassites et autres substances.

L'alimentation des sources par la circulation des eaux marines a fait son temps, et a été si souvent réfutée que je me bornerai à dire qu'une pareille alimentation entraînerait une constance absolue dans le débit et la température, ce qui n'est pas, dans le cas présent. Du reste, il y a de nombreuses sources analogues à celles de Caldas émergeant au milieu des continents

et pour lesquelles on ne peut pas invoquer le voisinage de la mer. Il n'y a donc pas de raisons pour attribuer à Caldas une origine différente de celle qui peut être appliquée aux autres sources analogues.

Nous en arrivons forcément à la circulation profonde, soit par canaux depuis la Serra dos Candieiros, soit par infiltration capillaire depuis le bassin de Matueira, à 4 kilomètres à l'E. de Caldas.

La Serra dos Candieiros est formée par des calcaires du Jurassique moyen et du Jurassique supérieur, plongeant vers l'E. A son pied oriental, les calcaires sont recouverts par des assises argileuses, surmontées de grès plongeant aussi vers l'E. puis se relevant, ainsi que les calcaires, vers la faille de Caldas.

Les eaux qui tombent sur les calcaires de la Serra s'y infiltrent, et si elles ne trouvent pas d'issue à son pied, elles doivent nécessairement suivre le plagement, puis le redressement des strates.

L'autre possibilité découle de l'examen de la carte chorographique à l'E. de Caldas. On est frappé par le nombre de ruisseaux aboutissant à un thalweg principal s'étendant de Matueira à Casaes, et surtout par le fait que bon nombre de ces ruisseaux viennent aboutir au thalweg principal, dans une direction opposée à la sienne, puis ce dernier se rétrécit au N. de Casaes pour passer au pont de Tornada et se diriger vers l'Océan.

Ces anomalies s'expliquent par l'examen du terrain. On voit que l'on a affaire à un bassin fermé, et que sa continuation par le pont de Tornada ne constitue qu'un déversoir pour l'excès d'alimentation. En été, ce déversoir est complètement à sec et ce n'est qu'au S. de Casaes que le thalweg présente de l'eau.

Les geysers des différentes contrées qui en possèdent sont aux environs plus ou moins immédiats de nappes d'eau superficielles. Se référant à ceux de l'Islande, Forbes a émis l'opinion que pour les éteindre il suffirait de dessécher la vallée du Hankadalr.

Je ne sais pas si le dessèchement de la vallée de Matueira aurait pour conséquence le tarissement des sources de Caldas, car la connaissance de ces sources n'est pas suffisante pour décider entre l'origine par circulation profonde capillaire et celle par canaux souterrains. On arriverait à une certitude par la connaissance plus complète de la relation entre les chutes d'eau atmosphérique et l'augmentation du débit des sources.

Remarquons encore qu'un bassin fermé, ayant à peu près les

dimensions de celui de Matucira, se trouve au SE. de S. Mamède.

La disparition de cette dernière source est sans doute à attribuer à une réunion de ses eaux avec celles d'une nappe d'eau souterraine se déversant directement dans l'Océan.

La question du captage des eaux étant du ressort du géologue, je me permettrai quelques considérations à ce sujet.

Avant d'entreprendre un travail quelconque, il est logique de se rendre compte des matériaux dont on dispose. La première chose à faire serait donc une analyse de l'eau de chaque griffon, pour savoir s'il y a avantage thérapeutique à les administrer séparément, suivant l'état des malades.

Si ce n'est pas le cas, c'est-à-dire s'ils présentent des propriétés à peu près identiques, comme on l'a admis jusqu'à ce jour sans se baser sur des données certaines, il y aurait avantage à faire des travaux de captage réunissant en un seul ces différents griffons.

1. Cette réunion diminuera la déperdition de température ou en d'autres termes augmentera la température de l'eau utilisée, qui est incontestablement trop basse pour les bains séparés, les inhalations, douches nasales, etc.

2. Le captage empêchera le mélange avec les nappes d'eau phréatiques et augmentera peut-être la quantité d'eau thermale, car il est probable que les nappes d'eaux phréatiques n'ont pas un débit unique, mais qu'une partie de leurs eaux va se perdre soit dans la campagne, soit à l'Océan, sans compter les autres probabilités de déperdition de l'eau.

3. Un autre résultat du captage serait de donner l'assurance que ces eaux ne sont pas une pépinière de microbes, car ceux-ci se propagent parfaitement dans le sol sablonneux qui entoure souvent les sources thermales.

Au congrès international d'hydrographie de 1889, un des médecins les mieux à même de juger cette question, le dr. Schlemmer (du Mont-Dore) s'est exprimé dans les termes suivants (pag. 285): «...la cause principale, à mon sens, de l'innocuité des eaux thermales, en ce qui concerne les affections bactériennes consiste, d'une part, en ce que les sources sont préservées toujours par un éloignement suffisant contre les infiltrations des fosses d'aisance ou des purins, et, d'autre part, en ce que l'accès des griffons est généralement peu praticable aux malades porteurs de germes infectieux, de sorte que les chances de souillure y sont en réalité extrêmement minimes».

Groupe de Fervença

(Fig. 3)

Ces bains sont cités sous le nom de Maiorga par Tavares; ils sont aussi nommés bains de Piedade et d'Alcobaça, à cause de leur proximité de ces localités.

La chapelle de N. S. da Piedade est située entre Alcobaça et Vallado, et les deux sources se trouvent à 500 mètres plus au SSO., au bord de la vallée tiphonique.

Les conditions géologiques sont analogues à celles de Leiria; la plaine d'alluvions est bordée par des calcaires du Jurassique supérieur, plongeant contre la colline, mais ici l'inclinaison n'est que de 20°. Les calcaires n'ont qu'une cinquantaine de mètres d'épaisseur et sont recouverts par des grès.

La source principale sourd de la roche calcaire, l'autre sourd du sol horizontal, éboulis ou alluvions, à 3 mètres du pied du rocher. Ces deux sources se trouvent dans le prolongement d'un ravin dessiné dans les grès, comme c'est le cas pour la source principale de Leiria.

Environ 800 mètres à l'E. de ces deux sources s'en trouve une troisième, un peu plus éloignée du pied de la colline, elle sourd de bas en haut en bouillonnant.

Les marnes triasiques et les calcaires dolomitiques affleurent dans l'espace qui s'étend entre cette dernière source et les précédentes et sont aussi visibles près de N. S. da Piedade. L'affleurement éruptif le plus voisin est le basalte de Maiorga, situé à 3 kilomètres au NE.

Tavares mentionne une température de 28°,3 et M. A. L. Lopes dit qu'elles ont constamment 28°. Une analyse de l'eau, faite en 1889, a trouvé de l'acide carbonique libre 0^{gr},181 par litre et un résidu fixe de 2^{gr},1024 par 1000 grammes, la substance prédominante étant le chlorure de sodium (V. le tableau, pag. 40).

Les substances ne figurant pas au tableau sont le chlorure de lithium (0^{gr},00156), oxyde de fer (0^{gr},00082), et des traces de chlorure d'ammonium, de bromure de sodium, d'azotate de soude et de matières organiques.

La température de ces eaux correspondant à une épaisseur de terrain de 340 mètres, et leur altitude étant d'environ 10 mètres, ce n'est qu'à 12 kilomètres que l'on rencontre une altitude suffisante pour produire ce calorique (serra dos Moicanos).

L'eau qui tombe sur les calcaires nus qui forment cette montagne s'infiltré en partie dans le sol, une autre partie

forme des torrents et s'infiltré à son tour en arrivant dans le bassin fermé qui longe le pied occidental de cette montagne (Voyez le profil).

Ces sources participent donc tout à la fois des conditions géologiques de Caldas et de celles de Leiria.

Povoá de Coz (4 kilomètres NE. de Fervença)

D'après Tavares, une source légèrement ferrugineuse se trouverait à 100 mètres de Povoá et aurait été jadis employée dans des bains de petites dimensions dont on verrait encore les ruines.

D'après cette position, elle sourdrait au milieu de sables récents ou pliocènes recouvrant les graviers crétaciques, par conséquent dans des conditions analogues à celles de la majeure partie des sources ferrugineuses du pays. Ce qui me la fait mentionner ici est la température de 24°,4 que lui attribue Tavares. Personne ne paraît avoir vérifié si cette donnée est exacte; du reste elle pourrait l'être, sans que la source soit thermale, si c'est une source peu profonde et si cette température a été observée en été.

Groupe de Leiria¹

(Fig. 4)

L'aire tiphonique est limitée, immédiatement au NE. de Leiria, par une colline de calcaire jurassique supérieur, coupée par des ravins qui la divisent en plusieurs mamelons, dont l'un porte la chapelle de S. Miguel.

Ce calcaire jurassique est redressé à 85°, plongeant en de-

¹ Note ajoutée pendant l'impression. Mr. A. A. de Seabra, agronome du district de Leiria, a envoyé à M. Mastbaum de l'eau de Fonte-Quente recueillie fin février 1893, et a observé la température de 25°,1 (corrigée). M. Mastbaum m'a communiqué les résultats suivants :

Résidu fixe à 150°.....	0,4048
Chlorure de sodium.....	II. 0,1234
" de magnésium.....	V. 0,0154
Sulfate de chaux.....	III. 0,0291
" de magnésie.....	VI. 0,0142
Carbonate de chaux.....	I. 0,1512
" de magnésie.....	VII. 0,0063
Sesquioxyde de fer.....	VIII. 0,0026
Silice.....	VI. 0,0193

hors de l'aire tiphonique. Il est gris, plus ou moins foncé, tout à fait noir à la base, très dur et par places bréchiforme.

Je ne puis pas dire si la totalité appartient au Jurassique supérieur, ou bien si les couches les plus inférieures sont du calcaire dolomitique infraliasique. Dans le premier cas, il y aurait métamorphisation du calcaire du Jurassique supérieur.

A environ 100 mètres au SO. de Fonte dos Namorados, on voit des marnes dolomitiques, jaunâtres ou rouges, inférieures à ce calcaire noir. Elles paraissent bien être les marnes infraliasiques et sont séparées du calcaire noir par du lignite formant une couche très mince, irrégulière. Le tout était trop peu découvert pour permettre une étude approfondie, et le fond de la vallée est formé par des alluvions récentes ou quaternaires.

Au pied de cette colline sourdent trois sources, en apparence dans les mêmes conditions géologiques, représentées par le profil fig. 4.

La plus méridionale, nommée *Fonte dos Namorados*, sourd au pied du mamelon qui supporte le cimetière de N. S. dos Afflictos. Elle est froide.

A 100 mètres au N. se trouve *Fonte-Quente*, dont l'eau tiède est utilisée par un petit établissement de bains et par les blanchisseuses.

150 mètres plus au N. se trouve *Fonte de Santa Catharina*, située dans une propriété particulière. D'après Tavares, son débit n'atteint pas le quart de celui de la précédente et elle serait située à 6 ou 7 mètres plus haut. La petite maison destinée à prendre des bains, dont parle Tavares, n'existait plus en 1883, et je n'ai pas pu visiter cette source.

Une autre source située plus au N., près Arrebalde, serait peut-être tiède, d'après Tavares.

D'après le même auteur, *Fonte-Quente* aurait une température de 23° à 26° et la source de Santa Catharina 25°.

Le 2 août 1883, à six heures du matin, j'ai trouvé 26° dans la piscine de *Fonte-Quente*, ce qui est certainement un minimum, tandis que la température de *Fonte dos Namorados* était un peu au-dessous de 19°.

D'après Tavares, l'eau de *Fonte-Quente* serait simplement chaude, et ne contiendrait qu'un peu d'acide carbonique. Il est regrettable que l'on n'en possède pas d'analyses.

La différence de température entre deux sources si voisines provient incontestablement de ce que leur analogie d'origine n'est qu'apparente, et que l'une provient des collines supérieures à la vallée, tandis que les deux autres sont des sources profondes.

La température de 26° (qui n'est pas prise aux griffons),

correspond à une profondeur de 280 mètres et l'altitude des sources étant de 25 à 30 mètres, ce n'est que le massif situé entre Reguengo et Santa Catharina qui présente une hauteur suffisante. L'eau s'infiltré dans les couches jurassiques, passe avec ces dernières au-dessous du Crétacique et sourd par la dislocation qui ramène au jour le Jurassique.

Pour le moment, bornons-nous à mentionner que la roche éruptive la plus voisine est le dôme d'ophite du château de Leiria, éloigné d'environ 400 mètres.

Monte Real¹

A 1 kilomètre à l'O. de Monte-Real, au lieu dit Covões, se trouve une source sulfureuse captée au moyen d'un puits d'où une pompe l'amène dans une chaudière.

La petite maison qui protège ce puits est située au bord de la plaine d'alluvions, au pied d'une colline basse, recouverte de graviers pliocènes. Immédiatement derrière la maison, une fouille laisse voir un calcaire dolomitique noir, bréchoïde, sans aucun doute infraliasique comme ceux des environs.

Des affleurements d'ophite se trouvent dans la Quinta da Granja, à 500 mètres au NE., et à Monte-Real.

Tavares prouve que ces bains étaient fort estimés des Romains; actuellement ils sont à peu près abandonnés. Il dit que leur température est de 19°⁴. En septembre 1887, j'ai trouvé un peu moins que 19° (thermomètre ordinaire).

Ces eaux ont une odeur d'hydrogène sulfuré fortement pro-

¹ Note ajoutée pendant l'impression. Mr. A. A. de Seabra a envoyé à M. Mastbaum de l'eau de la source de Covões recueillie fin février 1893, et a observé la température de 15°² (corrigée).

M. Mastbaum m'a communiqué les résultats suivants :

Résidu fixe à 150°.....	2,7208
Chlorure de sodium.....	II. 0,2242
" de potassium.....	VII. 0,0115
Sulfate de chaux.....	I. 1,9594
" de magnésie.....	III. 0,2052
Carbonate de chaux.....	IV. 0,1453
" de magnésie.....	V. 0,0204
Sesquioxyde de fer.....	VIII. 0,0026
Silice.....	VI. 0,0200

L'hydrogène sulfuré s'était décomposé pendant le voyage et formait un dépôt au fond du flacon.

Si M. de Seabra a observé la température au fond du puits, il est évident que cette source doit être exclue des sources thermales.

noncée et elles laissent un dépôt blanchâtre sur leur passage. Tavares admet qu'elles contiennent en outre de l'acide carbonique et comme résidu solide, du chlorure de sodium, du sulfate de magnésie et du carbonate de soude.

Elles ne figurent pas au rapport de 1867, et les observations thermométriques sont insuffisantes pour décider si elles sont thermales ou froides.

Je ne les ai placées dans cette catégorie qu'à cause de leur analogie de composition avec celles de Caldas da Rainha.

IV. Considérations et déductions

A. Enumération des sources minérales et thermales d'après l'âge géologique du terrain ¹

Triasique et Infralias

Ce sont ces terrains qui fournissent le plus de sources thermales, grâce à ce que l'on doit leur rapporter les sources des aires tiphoniques, quand bien même leur point d'émergence se trouve dans le Jurassique supérieur.

Sources indifférentes.

Thermale: *Leiria*.

Ferrugineuses.

Froide: *Chão de Couce*.

Chlorurées sodiques concentrées.

Froides: *Marinha do Sal* (Rio-Maior) — *Branças* (Batalha) — *Porto Moniz* (Leiria) — *Roliça*.

Chlorurées sodiques avec sulfates et carbonates.

Thermales: *Fervença* — *Cucos* — ? *Maceira*.

Idem, sulhydriquées.

Froides? *Chão de Couce* — *Aguas-Santas*.

Thermales: *Groupe de Caldas*.

Lias

Je ne connais que deux sources minérales se rapportant à ce terrain, celle de Coimbra qui provient des strates les plus inférieures et celle de Verride qui provient au contraire des strates les plus supérieures.

¹ Les sources émergeant dans les aires tiphoniques ou sur leurs bords sont imprimées en italiques.

La première est incontestablement froide; les renseignements sont insuffisants pour la seconde. Toutes deux contiennent des chlorures, des sulfates et des carbonates.

La source de Montemór-o-Velho sourd peut-être aussi du Lias (?)

Jurassique supérieur

Il n'y a que peu de sources se rapportant à cet étage; c'est probablement le cas pour les sources ferrugineuses de S. Braz d'Alportel et de Cadaval, et pour la source saline (?) d'Alhandra.

C'est par contre incontestablement le cas pour la source du cap Mondógo, chlorurée calcique, avec acide sulfhydrique.

On doit en outre se rappeler que plusieurs griffons de sources en connection avec les aires tiphoniques, se font jour à travers les calcaires du Jurassique supérieur, ce qui est surtout le cas pour le groupe de Cucos.

Crétacique

Les sources ferrugineuses sont abondantes dans les grès crétaciques, c'est en outre de ce terrain que sourdent les groupes de sources thermales d'Estoril et d'Amieira, dont les eaux sont chlorurées sodiques avec sulfates et carbonates.

La source thermale (?) d'Olheiros en Algarve, sourd aussi des calcaires crétaciques.

Tertiaire et alluvions

Le groupe thermal des Alcaçarias sourd de ce terrain, mais il est probable qu'il le traverse entièrement. Ce sont des eaux chlorurées sodiques avec carbonates, sulfates et azotates. Ces mêmes substances se trouvent aussi dans les eaux froides sourdant du Tertiaire de Lisbonne, ou bien se rassemblant dans les alluvions du Tage mélangés de produits de décomposition.

Un groupe de sources qui partage cette dernière origine présente en outre de fortes proportions d'hydrogène sulfuré; il s'étend depuis la place du Commerce jusqu'à la fabrique de gaz de Boa-Vista.

En Algarve, les sources d'Alvor et de Tavira sont probablement tertiaires; il en est de même de celle de Falla près de Coimbra, elle est chlorurée sodique, avec sulfates, carbonates et acide sulfhydrique.

Enfin diverses sources ferrugineuses sourdent des grès miocènes et pliocènes.

B. Rapport entre la température et la minéralisation

L'influence de la température sur la minéralisation est loin d'être aussi marquée que la théorie le fait admettre, ce qui ressort du petit tableau ci-dessous montrant la relation entre la température et le résidu fixe par 1000 grammes d'eau.

	Température	Résidu fixe — Grammes
Aguas-Santas	f.	0,22
Coimbra	f.	0,27
Leiria	26°	0,40
Arrifana (a)	25°	0, ?
D. Clara	27°	0,7
Maceira	25°	0,8
Amieira	29°	0,9
Cap Mondégo	20°	1,6
Lisbonne (b)	f.	1,9
Fervença	28°	2,1
Monte-Real (c)	19°	2,7
Caldas	34°	2,7
Cucos	39°	3,4
Estoril	29°	3,9
Rio Maior (d)	f.	? 40,0

(a) La minéralisation de ces eaux n'est pas connue, mais elle est certainement très faible.

(b) Puits du palais des comtes d'Almada, d'autres sources sont au contraire faibles.

(c) Minéralisation observée pendant la saison des pluies.

(d) La minéralisation de ces eaux n'a pas été déterminée, mais la rapidité avec laquelle le sel s'en dépose permet de conclure qu'elles sont plus fortement minéralisées que les eaux de la mer. Le chiffre de 40 est probablement trop faible; il n'est pas inutile de rappeler que certaines sources salées dépassent le chiffre de 200 grammes par litre.

Je ne fais pas figurer l'eau froide sulfureuse des bains de S. Paulo, avec ses 22 à 28 grammes, car il faudrait alors mentionner aussi l'eau de mer dont la minéralisation est en moyenne de 33^{gr},5 à 37,5.

Ce tableau nous montre que l'on ne peut pas établir de règle entre le degré de minéralisation et la température. Des sources à minéralisation faible se trouvent aussi bien parmi les sources tièdes que parmi les froides, et des sources à minéralisation forte se trouvent parmi les froides.

Quoiqu'il n'y ait que fort peu d'observations sur les gaz se dégageant spontanément, on peut dire que leur abondance n'est pas en rapport avec la température.

Ce ne sont pas les groupes les plus chauds qui offrent les

plus grands dégagements, et dans un même groupe, nous voyons des griffons à température plus faible que celle des autres, présenter des dégagements de gaz tout aussi abondants ou même plus abondants que ceux des autres griffons (Caldas, Alcaçarias).

C. Classification d'après la substance prédominante¹

Sources salées ou chlorurées sodiques p. p. dites.

Froides. — Cinq sources non analysées, sourdant des marnes infraliasiques.

Chlorurées sodiques avec sulfates et carbonates.

Froides. — Puits de Lisbonne, Arsenal, Aguas Santas, Falla (?).

Thermales. — Alcaçarias (non mélangées d'eaux du Tertiaire), Estoril, Amieira, Caldas, Cucos, Fervença.

Chlorurées calciques.

Froides — Camarões, (?) cap Mondégo.

Carbonate de chaux.

Thermale. — Fonte-Quente (Leiria).

Carbonate de magnésie.

Froide — Coimbra.

Carbonate de fer.

Froide. — Sardinha.

Sulfate de chaux.

Froides. — Camara, Estrada, Valle de Lobos, Bretão de Baixo, Monte-Real.

Sulfate de fer.

Froides. — Venda-Secca.

Nitrates.

Froides — Sources de Lisbonne (*partim*).

Nous voyons que d'après cette classification, toutes les sources thermales dont on a une analyse quantitative sont comprises dans le même groupe, aussi bien les sources sulhydriquées que les sources simplement salines ou que les sources azotées.

La classification d'après les propriétés de ces différentes substances est du ressort du médecin, et je dois me borner à quelques réflexions sur des substances d'un intérêt tout spécial.

¹ On ne doit pas oublier qu'il ne s'agit pas de la totalité des eaux minérales portugaises, mais seulement de celles des aires mésozoïques.

D. Remarques sur quelques substances

Chlorure de sodium

Le sel marin se trouve dans les sources ordinaires froides, en particulier dans celles qui émergent du Tertiaire de Lisbonne. Le dr. Emmrich¹ nous apprend qu'il est plus abondant dans les puits des parties basses de la ville que sur les hauteurs.

Le puits du n^o 185 de la rue da Magdalena, situé sur la hauteur, en contient 1^{er},656 par litre et celui du n^o 277, situé plus bas, en contient 1^{er},800. Le maximum observé dans ces puits est de 3^{er},225, dans la rue dos Correeiros.

Plusieurs facteurs peuvent avoir contribué à l'accumulation de ce sel: 1^o, un dépôt contemporain de la formation des strates; 2^o, des particules d'eau salée entraînées par le vent; 3^o, les déjections et autres impuretés jetées sur le sol ou s'y infiltrant depuis les canaux d'égout; 4^o, des infiltrations de l'eau du Tage, pour certains puits seulement.

La source de cette catégorie la plus riche en chlorure de sodium est celle de l'Arsenal de la marine, utilisée pour les bains de S. Paulo, laquelle en contient 17^{er},141 par litre. Dans ce cas, il est bien démontré que l'on a affaire à des infiltrations d'eau du Tage².

D'autres sources froides, fort éloignées de la mer, contiennent aussi de petites quantités de chlorure de sodium. Je citerai celles de Falla et de Coimbre (0^{er},4 par litre). Dans la première, l'eau provient probablement des sables pliocènes, l'autre provient du Lias inférieur.

Je ne répéterai pas ce que j'ai dit des *sources salées* (p. 52). Les cinq connues se trouvent à une distance relativement faible de masses d'ophite ou de teschenite, concomitance beaucoup plus fréquente en Espagne qu'en Portugal. Il est difficile de dire si l'on a affaire à du sel en lentilles puissantes ou en lits interstratifiés dans les marnes, et je n'ai pas connaissance de l'observation directe du sel dans les terrains qui nous occupent, sauf les deux faits suivants.

Mon regretté collègue, Mr. F. de Vasconcellos Pereira Cabral a observé des efflorescences de sel contre les roches dolomitiques infraliasiques de Monte-Real, effervescences assez abondantes pour y attirer les chèvres qui venaient les lécher.

¹ Voyez p. 42.

² Les eaux de l'Océan ont environ 27 à 28 grammes de chlorure de sodium par litre.

J'ai déjà parlé de l'autre observation, qui consiste dans les effervescences produites dans les mêmes roches, découvertes par une tranchée de la route de Caldas à Foz (V. pag. 44). J'ajouterai que cette tranchée est assez élevée au-dessus de la vallée pour que la présence du sel ne puisse pas être attribuée à l'écoulement des eaux de Caldas.

Ce n'est certainement pas du sel aussi disséminé qui alimente la source de Rio-Maior, et l'on peut affirmer que l'extraction par trous de sonde en augmenterait considérablement la production.

Il en est probablement de même du gisement de Brancas qui paraît être inférieur à la vallée.

Les sources thermales d'origine profonde dont il est question dans ce mémoire, ont toutes le sel marin comme substance principale, sauf celle de Leiria et quelques-unes des eaux des Alcaçarias, dont la proportion en chlorure de sodium est diminuée par le mélange d'eaux chargées de carbonates.

Cette prédominance n'est pas due à la température, puisque le sel marin n'est pas plus soluble dans l'eau froide que dans l'eau chaude, le calorique lui est au contraire défavorable puisqu'il augmente la solubilité des autres sels.

Les chiffres absolus sont les suivants :

	Grammes
Dona Clara.....	0,312
Amieira.....	0,463
Fervença.....	1,363
Caldas.....	1,720
Estoril.....	2,286
Cucos.....	2,486

Ils nous montrent que la quantité dissoute est indépendante du voisinage de la mer et du rapprochement des ophites, elle tiendrait plutôt au terrain triasique : Fervença, Caldas, Cucos, si l'on admet qu'à Estoril elle est en partie due aux infiltrations d'eau de mer.

Sulfate de chaux

Nous avons déjà vu que le gypse se forme souvent comme produit de la décomposition des pyrites, ce qui peut expliquer les quantités faibles de sulfate de chaux rencontrées dans certaines sources.

On rencontre des cristaux isolés dans différents membres des terrains secondaires, et des bancs stratifiés dans la partie supérieure du Crétacique moyen (Lisbonne, Barcarena).

Le gypse est toujours fréquent dans les aires tiphoniques où il est généralement mélangé à l'argile. Dans l'aire de Caldas et près de Leiria, il forme en outre des masses considérables et d'une grande pureté, comme on peut le voir actuellement dans différentes carrières ouvertes près d'Obidos.

Le sel et le gypse sont en général abondants dans le Triasique du centre de l'Europe; il n'y aurait donc pas à s'occuper davantage de leur présence en Portugal, si ce n'était la concomitance de ces minéraux.

Les affleurements de grès et de marnes représentant en Portugal le Triasique et l'Infralias, peuvent être groupés comme suit:

I. Affleurant normalement entre le Paléozoïque et le Jurassique.

a) *Bande de 120 kilomètres entre Aveiro et Thomar.*

Absence de roches éruptives et de sources salées, gypse très rare (Thomar).

b) *Bande de 15 kilomètres à S. Thiago de Cacem.*

Roches éruptives abondantes, absence de gypse (?) et de sources salées.

c) *Bande de 150 kilomètres, de l'O. à l'E. de l'Algarve.*

Abondance de roches éruptives et de gypse, sources salées très rares.

II. Affleurements dans les aires tiphoniques.

Présence presque constante de roches éruptives et de gypse, sources salées fort rares.

La rareté du gypse entre Aveiro et Thomar me paraît tenir au rapprochement du rivage et à un facies de charriage plus accentué.

Sa fréquence dans les aires tiphoniques et dans l'affleurement de l'Algarve, en connection avec l'ophite, pourrait faire admettre qu'il provient de l'action de vapeurs volcaniques sur le calcaire lors de l'éruption de cette roche, mais il ne faut pas perdre de vue que le gypse et le sel accompagnent presque toujours le Keuper de l'Europe centrale, dont le facies se rapproche des gisements en question, et pourtant là il n'y a pas possibilité d'admettre une action volcanique.

On peut se demander si les sources du groupe de Caldas tirent le gypse et le sel des terrains qu'elles traversent, ou bien si ces deux substances sont au contraire déposées actuellement par ces sources. La réponse est facile, car ces deux substances existent aussi dans les contrées où ne se trouvent pas de sources thermales, et on peut constater qu'actuellement

les sources de ce groupe portent leurs eaux à la mer sans former de dépôts sur leur passage.

Nous avons vu du reste que le sel et le gypse comptent parmi les principaux éléments de presque toutes les sources, aussi naturelle que soit leur origine.

Hydrogène sulfuré

Nous avons vu trois catégories d'eaux sulphydriquées.

1° En grande abondance dans les limons du Tage, fait qui a son analogue dans les boues d'autres ports de mer et dans les boues des grandes villes.

2° En quantités faibles dans les sources du cap Mondégo, d'Agua-Santas, de Falla et de Chão de Couce, qui tirent incontestablement leur minéralisation des terrains qui les surmontent. Montemór-o-Velho est peut-être à y rattacher.

3° En grande quantité dans les eaux froides de Monte-Real et dans les eaux chaudes du groupe de Caldas.

L'origine de l'hydrogène sulfuré dans les eaux est à rechercher dans la facilité avec laquelle les matières organiques décomposent les sulfates terreux ou alcalins.

Durand Fardel¹ donne l'explication suivante comme étant la plus probable :

Les eaux sulfurées calciques ou sulphydriquées sont des eaux sulfatées calciques qui, passant à travers des terrains chargés de matières organiques, de la tourbe par exemple, s'y décomposent. L'oxygène des sulfates se combine avec les matières organiques pour faire de l'acide carbonique et de l'eau. Il reste du sulfure de calcium. Une partie de l'acide carbonique formé décompose du sulfure, en formant du carbonate de chaux et l'hydrogène sulfuré reste en dissolution ou se dégage. Il en résulte que ces eaux renferment habituellement de l'hydrogène sulfuré libre.

Il n'est pas sans intérêt de remarquer que Julio Pimentel mentionne dans l'eau de Caldas de faibles quantités de sulfure de sodium, qu'il explique avoir déterminées directement, et que M. le dr. Lourenço mentionne des traces de sulphydrate d'ammoniaque.

M. Calderon² fait remarquer l'abondance des eaux sulfurées calciques dans les terrains entourant les ophites. Ces sources

¹ Durand Fardel, *Traité des eaux minérales*, 3^e édition, Paris, 1883, p. 93.

² Salvador Calderon, *La région épigénique de l'Andalousie et l'origine de ses ophites*. (Bull. soc. géol. de France, tom xvii, 1888, pag. 100).

Idem. *La sal común*, etc. (An. de la soc. esp. de hist. nat., tom. xvii, 1888, pag. 394).

sont trop fréquentes dans des contrées à conditions géologiques absolument différentes pour que l'on puisse en déduire une connection. On sait qu'au contraire des eaux sulfurées sodiques, elles sourdent toujours dans les terrains secondaires ou tertiaires.

Oxygène, azote et acide carbonique

La plupart des eaux de sources contiennent en dissolution de l'oxygène et de l'azote en proportions variables, car ces deux gaz ne sont pas également solubles et parce que l'oxygène est souvent absorbé dans son parcours souterrain pour l'oxydation de matières organiques ou inorganiques.

Il est par contre deux groupes de sources qui dégagent de l'azote en quantités suffisamment abondantes pour mériter une mention spéciale. L'un est le groupe sulfhydrique de Caldas et l'autre le groupe non sulfhydrique des Alcaçarias; il est fort probable que c'est aussi le fait d'autres sources, les chimistes ne s'étant en général occupé que des gaz dissous dans l'eau et non pas des gaz se dégageant à la source.

Les auteurs ne sont pas d'accord sur l'origine de l'azote se produisant en grandes quantités. Les explications les plus plausibles sont : celle qui l'attribue à la décomposition de l'air entraîné dans le sol, et celle qui l'attribue à la décomposition des matières organiques par une température plus élevée et par des sels alcalins ou alcalino-terreux.

Dans les sources qui nous occupent, la quantité d'*acide carbonique* est assez faible pour que sa présence puisse toujours s'expliquer par la décomposition des matières organiques et l'entraînement de ce gaz dans la terre par les pluies. Il ne peut en aucune façon être comparé aux dégagements d'*acide carbonique* des contrées volcaniques.

E. Conclusions

Les sources minéro-thermales des aires mésozoïques du Portugal se divisent en deux catégories, celles dont la température moyenne ne dépasse pas la température constante du lieu, et les sources thermales.

Parmi ces dernières, il n'y en a qu'une ou deux qui tirent leur calorique de la masse montagneuse située au-dessus de leur orifice; le calcul indique que toutes les autres doivent venir d'une profondeur beaucoup plus considérable que la hauteur des massifs voisins.

Ces dernières sources, ou sources thermales proprement dites, se divisent en deux catégories : celles qui ne sont pas liées aux aires tiphoniques et celles qui le sont.

L'altitude absolue ne peut naturellement pas avoir d'influence sur les sources non thermales, les plus élevées, Caneças et Montachique, sont situées entre 200 et 300 mètres.

Les sources thermales n'étant pas en relation avec les vallées tiphoniques sont toutes à peu près au niveau de la mer; elles sont du reste toutes au bord de la mer ou d'un estuaire actuel ou ancien. Le groupe d'Arrifana fait exception, son altitude est d'environ 30 mètres et il est à 30 kilomètres d'un rivage.

Je fais aussi des réserves au sujet de la source de Verride, pour le cas où elle serait à compter parmi les sources thermales. Son altitude est d'environ 15 mètres et sa distance de l'ancien estuaire du Mondégo, de 1500 mètres.

Les sources thermales des aires tiphoniques sont éloignées de la mer par une distance variant de 2 à 19 kilomètres; leur altitude est comprise entre 10 et 80 mètres.

Elles se trouvent toutes sur les bords des aires tiphoniques ou un peu en dehors, sauf celle de Monte-Real et celle de Pova de Coz (?), qui est au milieu de l'aire. La thermalité de ces deux sources faisant exception peut être mise en doute, tandis que toutes celles qui sont sur les bords sont franchement thermales. Le maximum de température est atteint par la source de Cucos, qui est la plus éloignée des bords de l'aire.

La température des sources non en relation avec les aires tiphoniques, est comprise entre 20° et 31°, celle des sources des aires tiphoniques entre 19° et 40° (25° et 40°, si l'on fait abstraction de Monte-Real).

Les sources thermales diffèrent les unes des autres par la quantité de matières fixes qu'elles contiennent, sans que cette quantité soit plus forte ou plus faible pour les sources des vallées tiphoniques que pour les autres.

Le rapport entre les substances principales formant ce résidu fixe est à peu près le même dans toutes les sources thermales.

Le nombre d'analyses est encore trop restreint pour que l'on puisse préciser l'analogie entre les différentes sources d'un même groupe. Cette analogie paraît exister pour les groupes de Cascaes, Cucos et Caldas, tandis que ce ne serait pas le cas pour celui des Alcaçarias.

Les observations sur les variations subies par une même source sont encore plus insuffisantes. La température subit évidemment des variations suivant les saisons et les années, variations qui atteignent leur maximum à la source de Cucos, dont l'amplitude atteint 8° et peut-être 12°! L'amplitude des variations de Caldas pendant un siècle ne paraît pas avoir dépassé 2°,5.

Ce n'est que pour ces dernières eaux que l'on peut juger de la variation de composition. Elle paraît être peu sensible, sauf pour la source de S. Mamède qui a perdu d'abord l'hydrogène sulfuré, puis a fini par disparaître complètement.

Il n'y a qu'une ou deux sources dont on puisse attribuer le calorique à la hauteur des massifs voisins; pour les autres, les massifs n'ont pas la hauteur suffisante, ou bien les régions basses qui les séparent du point d'émergence de la source sont suffisamment étendues pour amener la perte du calorique acquis sous le massif. Il faut donc en rechercher l'origine, soit dans la circulation profonde, soit dans l'action volcanique (V. pag. 12).

Avant d'entrer dans l'examen de cette question, rappelons que, dans le cas présent, les substances solides ou gazeuses contenues dans ces eaux n'aident nullement à la résoudre, sauf toutefois l'absence de dégagements abondants d'acide carbonique, dégagements qui sont un des caractères des sources thermales des contrées à volcans actifs ou éteints.

Les sources thermales proprement dites se groupent comme suit, quant au voisinage des roches éruptives¹:

Amieira — Contrée sans roches éruptives.

Maceira — " " " " "

Arrifana — Ophite à 6 kilomètres.

Caldas à S. Mamède — Ophite et basalte plus ou moins distants.

Alcaçarias — Filons de basalte dans la contrée.

Cascaes. — Filons dans le voisinage immédiat.

Cucos — Filons d'orthophyre peu éloignés.

Monte-Real — Pointements d'ophite assez rapprochés.

Fervença — Masses d'ophite et masses de basalte à 4 ou 5 kilomètres.

Leiria — Masses d'ophite à 400 mètres.

Les roches éruptives sont tellement répandues dans les terrains secondaires du nord du Tage, qu'il est difficile qu'un groupe de sources ne se trouve pas dans le voisinage de roches éruptives; néanmoins, nous voyons que c'est le cas pour les groupes de *Maceira* et de *Amieira*.

Remarquons en outre que, malgré le grand nombre de griffons, il n'y en a pas un seul qui soit contigu à une roche éruptive et qu'ils ne se groupent pas autour des grands massifs

¹ Les noms des sources des aires tiphoniques sont imprimés en itali-ques.

éruptifs. Au contraire, dans l'aire de Caldas, les sources se trouvent vers le milieu de la longueur, tandis que les deux extrémités sont occupées par les grandes masses ophitiques de Rolixa et de Famalica. Les sources de Fervença ne sourdent pas non plus auprès des puissantes masses d'ophite de S. Bartholomeu, mais bien à la limite de l'aire tiphonique, à 5 kilomètres de ces roches éruptives.

Il n'est en outre pas sans importance de constater que les régions à roches éruptives abondantes ne présentant pas de sources thermales, sont beaucoup plus nombreuses que celles qui en présentent.

Si les anciennes éruptions ne paraissent pas être en relation avec la thermalité des sources, il n'en est pas de même des dislocations du sol.

Toutes se trouvent alignées soit sur les bords d'une vallée tiphonique, soit sur une faille probable, à l'exception des sources d'Estoril, et de celle de Monte-Real, dont la thermalité est extrêmement faible, ou nulle, tout en présentant une composition analogue à celle des sources de Caldas.

La distance qui sépare les deux extrémités de chaque groupe est de :

150 ^m — <i>Leiria</i> .	1100 ^m — <i>Alcaçarias</i> .
800 ^m — <i>Fervença</i> .	2000 ^m — <i>Amieira</i> .
1000 ^m — <i>Maceira</i> .	10000 ^m — <i>Caldas</i> .

Les alignements des sources des contrées non tiphoniques se trouvant au bord des anciens rivages, on est tenté d'attribuer aux eaux de la mer une participation à la formation de ces sources, tandis que celles des vallées tiphoniques se trouvent au contraire sur le bord opposé à la mer, d'où il découle que ces dislocations ont arrêté des eaux venant du côté de la terre.

Théoriquement, les lieux d'élection des sources sourdant sur une cassure doivent être les points les plus bas des affleurements de ces cassures, c'est-à-dire des points voisins de leur intersection avec les thalweg transversaux. En réalité il n'en est pas ainsi; comme exemple, je citerai le griffon de quinta das Janellas, sourdant sur les flancs de la colline qui sépare les deux thalweg des sources d'Obidos et de Caldas, et à une altitude sensiblement plus élevée que celle de ces deux dernières sources.

J'ai tenu à faire connaître séparément les sources thermales des aires tiphoniques, afin que l'on puisse bien juger de leurs caractères, mais cette distinction en deux groupes n'est justifiée ni par leurs propriétés physiques, ni par leur composition chimique. Chaque groupe a ses conditions particulières.

Toutes ces sources thermales dépendent des dislocations du

sol ; leur calorique provient soit des montagnes voisines, soit d'une circulation profonde par canaux, soit encore de la circulation profonde par capillarité.

Rappelons, à simple titre de curiosité, l'hypothèse du neptuniste Link, qui considérait la thermalité des sources de Cucos, de Caldas et de Lisbonne, et même la formation du basalte et les tremblements de terre, comme provenant de la combustion souterraine de bassins houillers, théorie reproduite encore de nos jours. Il est fâcheux qu'il n'en soit pas ainsi, la profondeur à laquelle devraient se trouver ces abondants gisements de coke permettant parfaitement une exploitation lucrative !

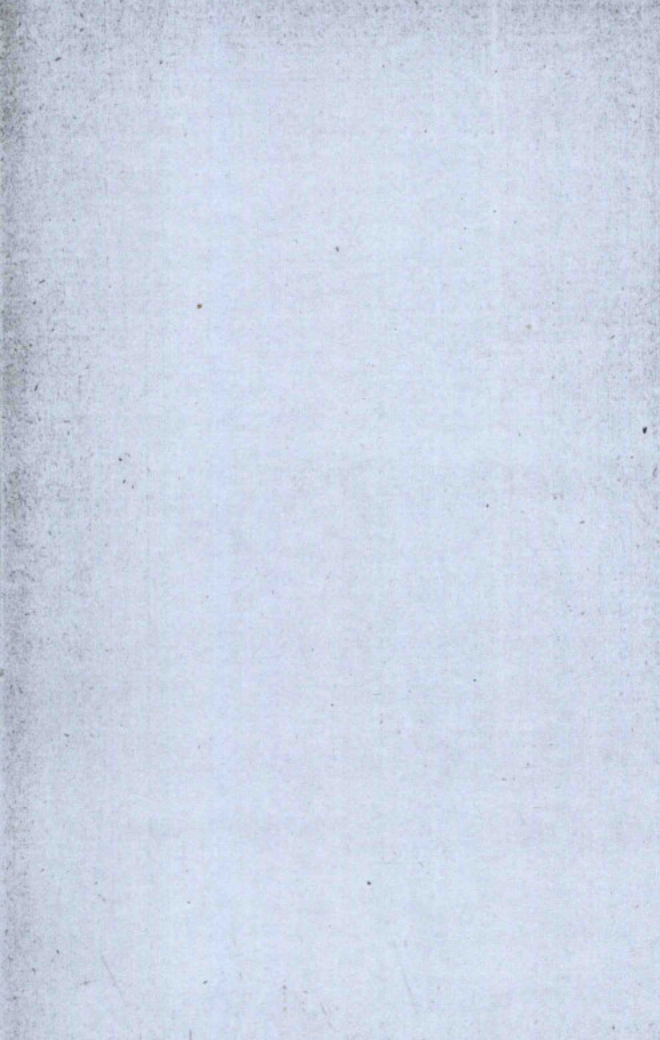
Dans le présent mémoire, on doit considérer deux parts distinctes, l'une est le groupement des faits acquis, l'autre les déductions que l'on peut en tirer.

Comme je l'ai dit en commençant, les conditions physiques et chimiques des sources portugaises sont trop insuffisamment connues pour que l'on puisse en déduire avec certitude les conditions géologiques.

Fallait-il m'abstenir d'exposer l'origine probable de ces sources ? Assurément non, car ces probabilités attireront l'attention sur l'importance de l'exactitude dans ces observations, et feront ressortir leurs côtés faibles.

Je m'estimerais heureux que ce travail stimule le zèle des personnes à même de compléter ces observations, aussi bien dans le cas où le résultat en serait de faire disparaître mes déductions pour les remplacer par d'autres, que dans le cas où il viendrait à les affirmer.

FIN



INDEX GÉOLOGIQUE

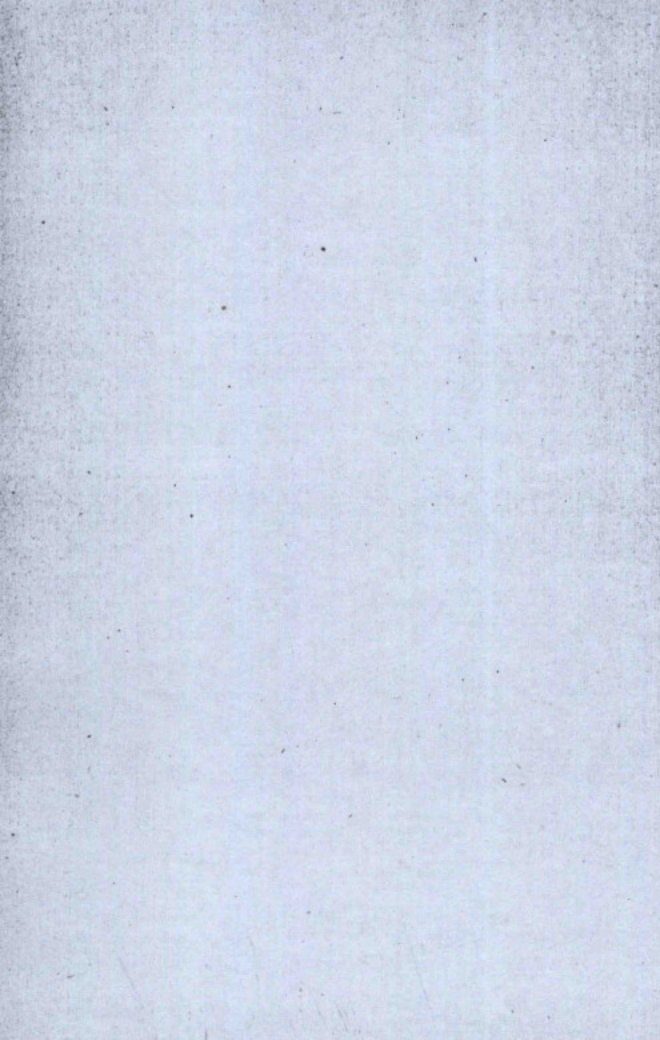
Terrains stratifiés

- Alluvions, 32, 35, 38, 46, 49, 65, 67, 76, 86, 114, 116.
Dunes, 33.
Pliocène, 32, 42, 44, 55, 95, 114, 116.
Tertiaire (molasse), 32, 34, 38, 41, 50, 55, 60, 76, 116, 119.
Crétacique, 35, 55, 59, 62, 65, 84, 114, 116, 120.
Jurassique supérieur, 32, 55, 60, 61, 85, 92, 109, 111, 116.
* moyen (Bathonien), 83, 92, 109.
Lias, 36, 45, 55, 57, 60, 115.
Infralias et Triasique, 42, 53, 55, 58, 85, 92, 111, 115, 119, 120.
Carbonifère, 90.

Roches éruptives

- Orthophyre, 86, 91.
Ophite, 54, 108, 114, 119, 122, 126.
Teschenite, 53, 119.
Basalte, 82, 83, 90, 111.
-

- Failles, 45, 60, 67, 82, 85, 91, 109.
Aires tiphoniques, 57, 84 et suivantes.
-



INDEX

DES

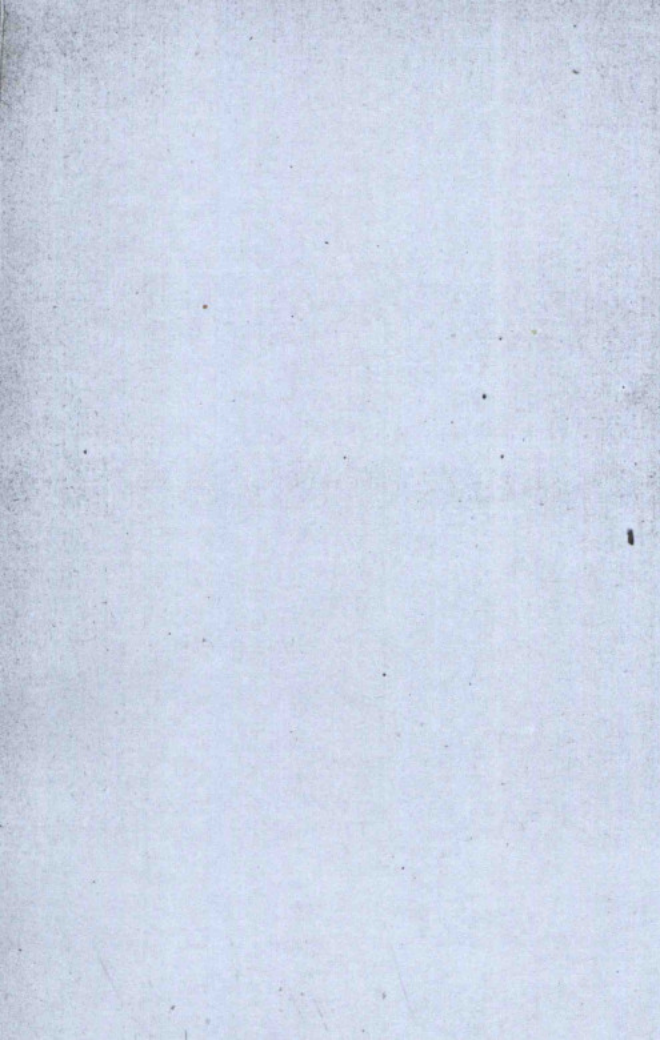
EAUX MINÉRALES MENTIONNÉES

(Les chiffres en italiques se rapportent à la page
où la source est décrite)

- Abegoaria, 48.
Aguas-Santas (Agua-Santa) près Caldas, 38, 40, 43, 115, 117, 118.
Aguas-Santas près Maceira, 92.
Aguas-Quentes = S. Mamède.
Alcaçarias de Lisboa, 39, 58, 68, 116, 118, 120, 123, 125.
Alcobaça = Fervença.
Alfama, 72, 80.
Alfeite, 55.
Algarve. Voyez Alvor, Fonte-Salgada, S. Braz, Olheiros et Tavira.
Alhandra, 42, 116.
Almada (Palais des comtes d'), 40, 43, 117.
Alvor, 42, 116.
Amieira, 39, 58, 65, 116, 117, 118, 120, 125.
Andaluz (Chafariz do largo do), 42.
Arrabidos das Gaieiras (Tavares) = Quinta das Janellas.
Arrabidos (Loureço, Brandt) = Valle de Flores.
Arrebalde, 113.
Arrifana, 58, 83, 84, 117, 125.
Arsenal da Marinha. Voyez S. Paulo.
Azenha. Voyez Groupe d'Amieira.
Baptista (Banhos de J. A.), 40, 74, 80.
Bellas (Environs de), 35, 55.
Bicanho. Voyez Groupe d'Amieira.
Bom-Jardim (Bellas), 55.
Branças (Batalha), 54, 115, 120.
Bretão de Baixo, 56, 118.
Cadaval = Pero-Moniz.
Caldas da Rainha, 36, 39, 58, 85, 93, 95, 97, 98, 108, 115, 117, 118, 120,
123, 125.
Camara (Caneças), 55, 56, 118.
Camarões, 55, 56, 118.
Caneças, 55.
Cap Mondégo, 39, 46, 58, 60, 116, 117, 118.
Carambanha, 55.
Cascaes, 58, 62, 125.
Cerieiro = Coimbra.
Chafariz (Quinta do), 55.
Chafariz. Voyez Andaluz, Bica do Sapato, Dentro, El-Rei, Praia.
Chão de Couce, 42, 55, 115.

- Coimbra (Cerieiro), 38, 40, 55, 57, 115, 117, 118.
 Condeixa, 84.
 Costa de Caparica, 55.
 Covêlos = Porto-Moniz.
 Covões = Monte-Real.
 Côxos, 86, 89.
 Cucos, 39, 58, 85, 115, 116, 117, 118, 120, 125.
 Dentro (Chafariz de), 71.
 Dona Clara (Banhos de), 40, 73, 80, 117, 120.
 Doutor (Banhos do), 71.
 Duque (Banhos do), 74.
 Eau de mer, 117, 119.
 El-Rei (Chafariz d'), 31, 74, 80.
 Estoril, 39, 62, 116, 117, 118, 120.
 Estrada (Montachique), 55, 56, 118.
 Falla, 42, 57, 116, 118.
 Fervença, 39, 58, 111, 115, 117, 118, 120, 125.
 Fontainhas (Caneças), 55.
 Fonte-Quente (Leiria), 58, 112, 115, 117, 118, 120, 125.
 Fonte Salgada (Tavira), 54.
 Fundação (Largo da), 69.
 Furadoiro (Chão de Couce), 55.
 Gaieiras. Voyez Janellas.
 Gerez, 20.
 Jances = Venda-Secca.
 Janellas (Quinta das), 95, 97, 108, 126.
 Jardim do Tabaco, 70, 78, 80.
 Lapas (Quinta das), 55.
 Leiria. Voyez Fonte-Quente et Porto-Moniz.
 Lisbonne, eaux thermales. Voyez Alcaçarias.
 " " eaux sulfureuses. Voyez S. Paulo.
 " " puits, 34, 38, 42, 48, 118, 119.
 " " sources, 31, 34, 41, 116.
 Maceira, 58, 92, 115, 117, 125.
 Mafra, 56.
 Maiorga = Fervença. (Par erreur Brandt dit Maiorca).
 Marinha do Sal (Rio Maior), 53, 115, 117, 118, 120.
 Montachique, 55.
 Montemór-o-Velho, 58, 115.
 Monte-Real, 46, 58, 60, 85, 114, 117, 118, 125.
 Obidos, 94, 97, 108.
 Olheiros, 58, 59, 116.
 Pedras-Negras, 51, 75.
 Pero-Moniz (Cadaval), 55.
 Piedade = Fervença.
 Poça (Cascaes), 62.
 Porto-Moniz (Leiria), 54, 115.
 Povia de Coz, 112.
 Praia (Chafariz da), 72.
 Pranto (Tavares). Voyez Amieira.
 Rascoia (Chão de Couce), 55.
 Rio-Maior = Marinha do Sal.
 Rio-Real (Tavares) = Obidos.
 Roliça, 54, 115.
 Santo Antonio do Estoril, 62, 64.
 S. Braz d'Alportel, 55, 116.
 Santa Catharina (Leiria), 113.
 Santa Luzia, 71.

- S. Mamède, 93, 108, 110.
S. Paulo (Banhos de), 38, 46, 116, 117, 118, 119.
Sapato (Chafariz da Bica do), 68, 80.
Sardinha (Montachique), 55, 56, 118.
Setubal, 32.
Soure (Costa Felix) = Groupe d'Amieira. — (A. L. Lopes) Idem moins
les nouveaux bains d'Amieira.
Tavira, 58, 59, 116.
Torres-Vedras, 55, 86.
Trafaria, 33.
Valle de Flores, 94, 97.
Valle de Lobos, 55, 56, 118.
Venda-Secca, 55, 56, 118.
Verride, 45, 115.
Vimeiro = Maceira.
Vinha da Rainha = Azenha.
Wimmer (Bellas), 55.
-



EXPLICATION DE LA PLANCHE

(Les sources sont indiquées par un gros point noir)

Fig. 1. Profil de la serra de Cintra aux sources d'Estoril. — Distances 1:100.000, hauteurs doubles. Direction N.-S.

1, granit; 2, calcaires du Jurassique supérieur et du Crétacique inférieur; 3, grès du Crétacique moyen; 4, calcaires du Crétacique moyen.

Fig. 2. Profil à travers l'aire tiphonique de Maceira. — Distances 1:20.000, hauteurs doubles. Direction NO.-SE.

1, marnes infraliasiques; 2, calcaires du Jurassique supérieur; 3, grès du Jurassique supérieur.

Fig. 3. Profil schématique des sources de Fervença à la serra dos Moliannos. — Distances 1:100.000, hauteurs doubles. Direction NO.-SE.

1, alluvions recouvrant les marnes infraliasiques; 2, calcaires du Jurassique moyen; 3, calcaires du Jurassique supérieur; 4, marnes et grès du Jurassique supérieur.

Fig. 4. Profil schématique de Fonte-Quente (Leiria) à serra do Reguengo. — Distances 1:100.000, hauteurs triples. Direction NO.-SE.

1, alluvions recouvrant les marnes infraliasiques; 2, calcaires du Jurassique moyen; 3, calcaires du Jurassique supérieur; 4, graviers du Crétacique moyen; 5, calcaires du Crétacique supérieur; 6, sables pliocènes.

Fig. 5. Carte géologique des environs des bains de Cucos. — Échelle 1:20.000.

Les flèches indiquent le plongement des strates, la direction leur est naturellement perpendiculaire. Les lignes pointillées indiquent les limites des étages et des sous-étages. Les lignes brisées indiquent les failles.

T. Marnes infraliasiques de l'extrémité occidentale de l'aire tiphonique de Matacães.

M¹, M². Calcaires du Jurassique supérieur.

M³, M⁴, M⁵. Grès et marnes du Jurassique supérieur.

π. Filons d'orthophyre.

Al. Alluvions.

(Détail des subdivisions du Jurassique supérieur: M¹, Couches de Cabaço; M², Couches du Montejunto; M³, Marnes d'Abadia; M⁴, Couches à Lima alternicosta; M⁵, Couches à Pterocera oceani.)

I.— Source de Cucos Velho.

II.— Source de Cucos Moderno.

III.— Source d'Olivai.

Fig. 6. *Plan des bains de Caldas da Rainha.*—Échelle 1:200.

- I.— Source du nord.
- II.— Piscine claire des femmes.
- III.— Piscine sombre des femmes.
- IV.— Pocinho.
- V.— Piscine des hommes.

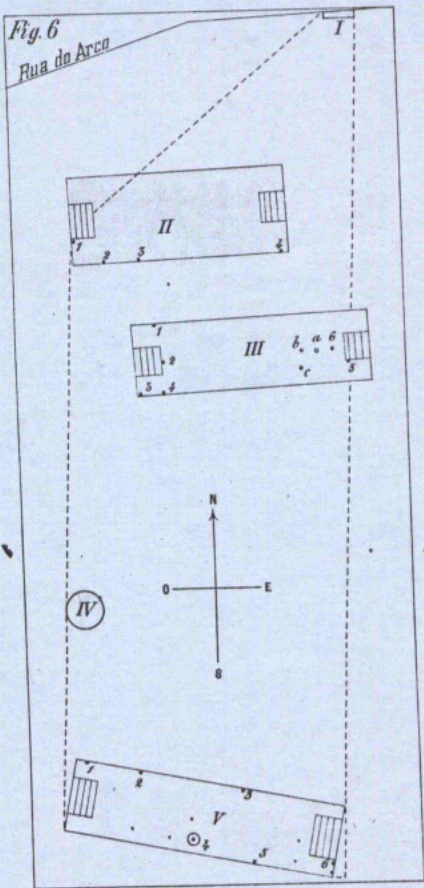
Les chiffres arabes indiquent la position des bouillons en 1890, voyez pag. 102. Les bouillons *a*, *b* et *c* de la piscine n° III ont substitué en 1892 le bouillon n° 6 qui sourdait auparavant.

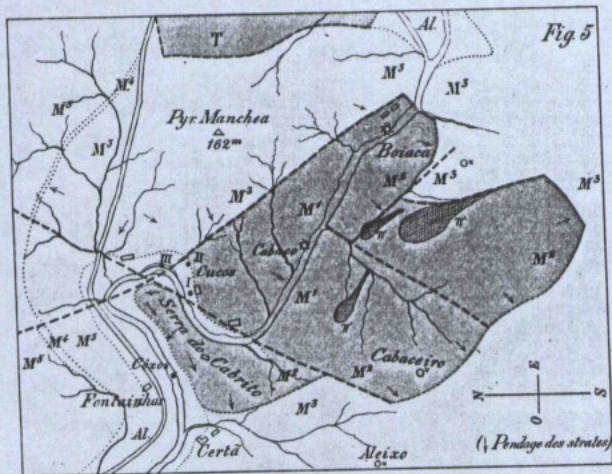
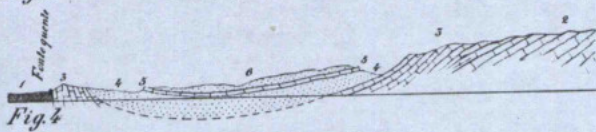
La ligne pointillée relie l'ensemble des bouillons, voyez pag. 96.



Fig. 6

Rua do Arco





Citations d'auteurs.

1	Tavares	1
2	D. Lourenco	2
3	F. da Costa Felix	2
3	Dr. J. H. Brandt	2
7	Dr. A. L. Lopes	3
8	Inostranzoff, p. 20	5
9	Chiffat Villes isphoniques	5
10	Hermite Princ. de géol.	10
11	Stapff (sous le titre de Nouviog)	11, 26
25	Osipov	14
27	Gosselet	15
31	Frembl. de l'un d'Andalousie	17
	Revue Pécunions p. detern. presse de la temp.	18
35	Annaes do Observ. D. Luiz	19
	Slosvay	21
44	Dambre ^{opereira de Souza classification}	28
		23
67	Rosh. Allg. u Chem. Geologie <u>Vandelli</u>	31
74	Luiz Mendes de Vasconcellos	37
76	Dr. Prof. Emmerich	42
79	Capistrato de Almeida (Aqua sancta)	
81	Falco Fimentel (2 ^e note) (p. 4)	
90	Recherches	
		(Velloso de Andrade 35)

- 83 Antonio J. Almeida (Verdi)
85 Gomes d. O. Cardoso (S. Paulo)
86 ? Rapport 1845
87 Retureau 128
88 Lourenço (Arsenal)
90 Choffat Summit du Procto
94 Caetano de Bem
99 Botelha Lacerda de Lobo Marinha de Portugal
110 João Baptista Lopes
110 Bonnet
113 Gaspard Gomes
116 Barral etc (Cascas)
119 Medischi
128 Eau Therm. de los Combe
161 Very Geographie
166 J. Maria d'Almeida Ag. de Torres Vedras
Quinta das aguas de Cucos
Lm. d. Caldas

